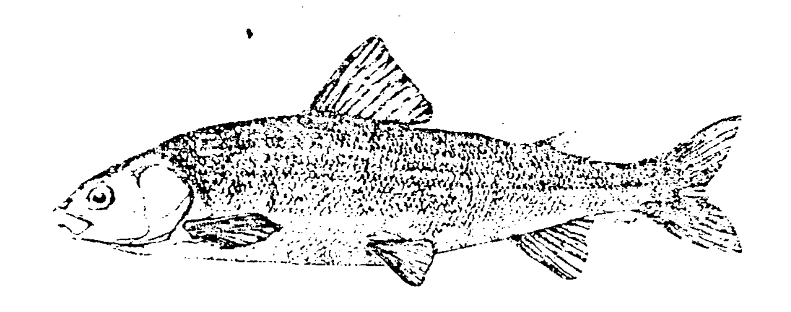
المدخل العلمى لفسيولوجيا وبيولوجيا الأسـماك



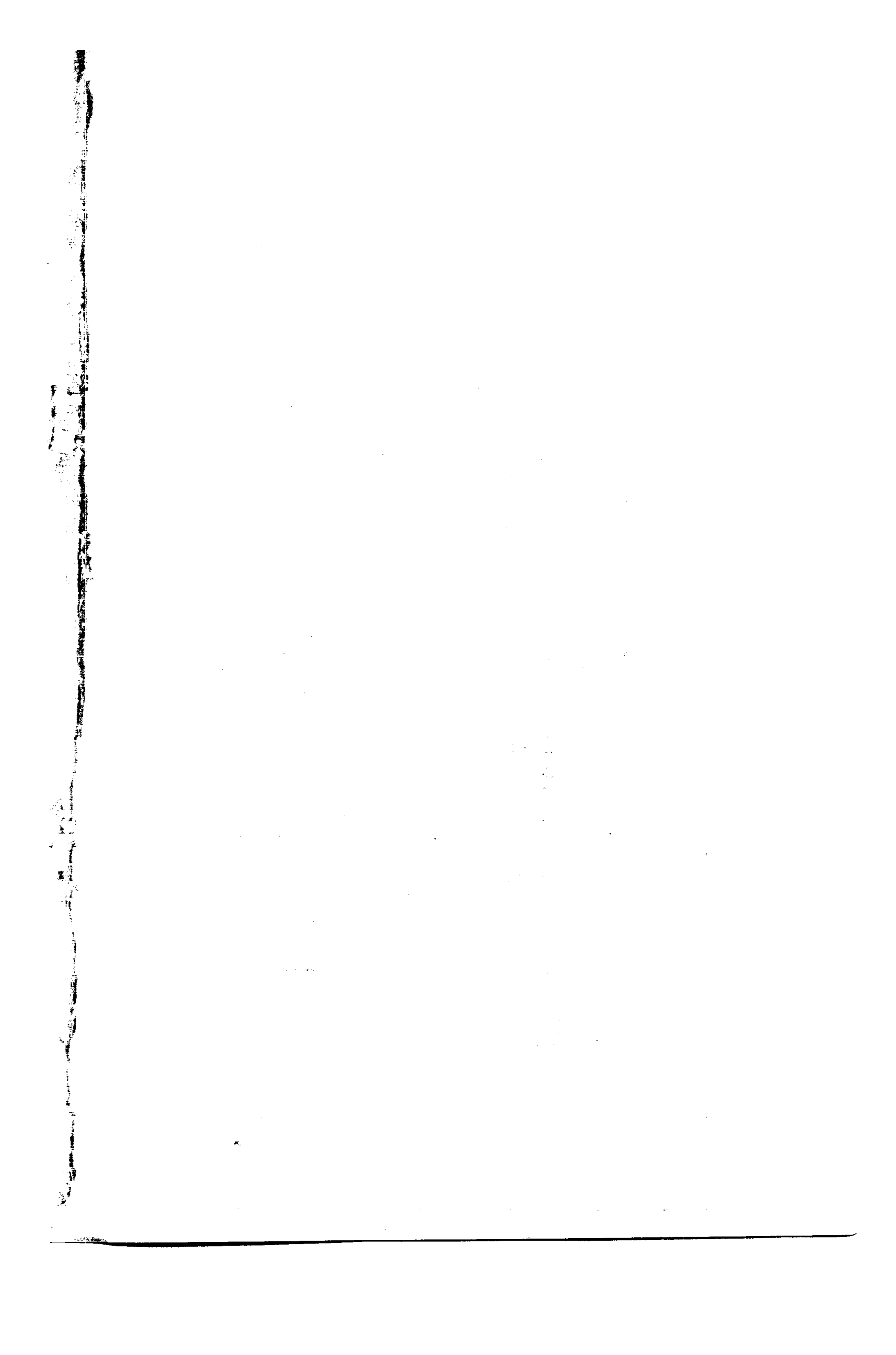
تأليف
الأستاذ الدكتور نبيل فهمى عبد الحكيم
كلية الزراعة - جامعة الأزهر

الدكتور هشام شكرى محمد صالح
مدرس بكلية الزراعة - جامعة الأزهر

١٩٩٢

الفهرس

الموضوع	الصفحة
المقدمة	١
الباب الاول: الغذاء - التغذية - الهضم	٣
١- الغذاء	٣
٢- التغذية	٨
٣- الهضم	١١
٤- النمو	١٣
الباب الثاني: التوازن المائى والمعدنى	٢٧
التنظيم الاسموزى	٢٧
التنظيم الايونى	٣٢
مقاومة التجمد	٤٠
ميزان الحموضة والقلوية	٤١
الاخراج	٤٣
الباب الثالث: الازاحة والتنظيم الحرارى	٤٦
الازاحة	٤٦
التنظيم الحرارى	٥١
الباب الرابع: التنفس	٥٥
الباب الخامس: الدم والدورة الدموية	٦٧
الدم	٦٧
خلايا الدم الحمراء	٦٧
الخلايا البيضاء	٧٠
الخلايا الليمفاوية	٧٢
الخلايا الوحيدة	٧٢
الخلايا المحببة	٧٣
العوامل المؤثرة فى ارتباط الدم بالاكسجين	٧٧
تركيب القلب	٨٢
الباب السادس: انتاج الكهرباء والضوء فى الاسماك	٩٠
انتاج الكهرباء	٩٠
الاضاءة الحيوية	٩٦
الباب السابع: علاقة البيئة بالانشطة الحيوية فى الاسماك	١٠٠
العوامل الطبيعية والكيميائية	١٠٠
العوامل البيولوجية	١٠٠
اولا: التغذية - طرق التغذية فى الاسماك	١٠١
ثانيا: هجرة الاسماك	١٠٩
ثالثا: التكاثر فى الاسماك	١١٨
رابعا: النمو فى الاسماك	١٢٤
المراجع الاجنبية	١٣٠
المراجع العربية	١٣٩



المقدمة

تمتلك مصر العديد من الموارد السمكية المائية فهى تقع على شواطىء طويلة على البحر الابيض المتوسط والبحر الاحمر بالاضافة لنهر النيل العظيم الذى يشقها بالطول وكذلك البحيرات العذبة واهمها بحيرة السد العالى لما لها من اهمية عظمى سواء فى امكانية انتاجها من الاسماك وكذلك اهميتها البحثية من حيث انها تعتبر من البحيرات الصناعية الفخمة الحجم الحديثة النشاة مما يجعلها مكان مفضل للبحاث فى مجال بحوث البيئة المائية حيث يرى البعض ان وجود هذه البحيرة لفرصة فريدة لدراسة العلاقة بين الكائنات المائية المختلفة وتطورها معا قبل الوصول لمرحلة الاتزان البيولوجى الموجود حاليا فى كثير من المسطحات المائية الاخرى القديمة كالبحار والمحيطات والانهار المتكونة من قديم الازل.

بالاضافة لهذه المسطحات المائية فان الاستزراع السمكى قد بدأ ينتشر فى مصر كرد فعل للنقص فى انتاج البروتين الحيوانى فى مصر الامر الذى ادى للاقبال عليه كاحدى عمليات الزراعة والاستزراع السمكى يوجد بصورة المختلفة حيث تتراوح من تربية الاسماك فى الاقفاص الى انشاء مزارع سمكية على مساحات كبيرة فى الاراضى الصحراوية او فى الوادى.

ويختلف التعامل مع الانتاج السمكى طبقا لنمط الانتاج فاذا كان الانتاج يعتمد على الصيد فلابد من معرفة انواع الاسماك فى المسطحات المائية المختلفة ومعرفة مواسم تكاثرها وهجرتها ودراسة العوامل الحيوية المؤثرة فى ذلك وبالتالى تحديد مواسم صيدها وكذلك لابد من عمل حصر سمكى لهذه المسطحات لمعرفة المخزون الفعلى من الاسماك بها حتى لا يتبدد بالصيد العشوائى الغير منتظم. اما فى حالة الانتاج من المزارع السمكية فان الانتاج يعتمد على معرفة العوامل البيولوجية المؤثرة فى نمو الاسماك تحت ظروف المياه الغير متجددة نسبيا بحيث تعطى اهمية اكبر فى هذه الحالة لمراقبة نسبة الملوحة ودرجة الحموضة والاكسجين وتراكم المواد السامة فى الاحواض السمكية لما لها من تاثير محدد على انتاج الاسماك فى هذه الاحواض.

لذا فان دراسة بيولوجية حياة الاسماك اصبحت من المجالات الهامة فى العصر الحديث لما لها من اهمية فى فهم كيفية تعايش الاسماك تحت الظروف البيئية المختلفة خاصة الظروف الناشئة عن النشاط الانسانى مثل انشاء المزارع السمكية او الانشطة الصناعية التى تصب ملوثاتها فى الانهار والبحار.

وبغض النظر عن الهدف من دراسة الاسماك فان من يبدا دراسته للاسماك يحتاج الى التعرف على الاصطلاحات الخاصة بعلوم الاسماك وفهم الاسس البيولوجية لحياة الاسماك والغرض من هذا الكتاب هو توفير المعلومات الاساسية اللازمة لفهم حياة الاسماك وبيولوجيتها وميكانيكية تاقلمها مع الظروف المختلفة.

القاهرة ديسمبر ١٩٩٢ المؤلفان

بســـم اللـــــه الرحمـــن الرحيـــم

الباب الاول

الغذاء - التغذيه - الهضم - النمـــو

Feed-Feeding - Digestion - Growth

مـن المعروف ان الاسماك يجب ان تحصل فى غذائها على مصدر للطاقه حتـى يمكنها اتمام عمليات التمثيل الغذائى داخل اجسامها، بالاضافه الى ذلك فقد وجد انها تحتاج ايضا الى كميه كافيه من الاحماض الامينـيه والدهنيه الضروريه بالاضافه الى الفيتامينات والعناصر المعدنيه حتى يمكنها الاستمرار فى الحياه بالاضافه الى تشجيع نموها.

لذلك فاننا فى هذا الفصل سوف نتناول عملية التغذيه والاحتياجات الغذائيه بالاضافه الى نواتج الاخراج.

١) الغذاء: Feed

يمكن تقسيم الاسماك على اساس عاداتها الغذائيه الى:-

١ - detritivores وتشمل مجموعة الاسماك التى تتغذى على مخلفات الاسماك الاخرى.

ب - herbivores وتشمل مجموعة الاسماك اكلة العشب.

جـ- carnivores وتشمل مجموعة الاسماك اكلة اللحم (مفترسات).

د - omnivores وتشمل مجموعة الاسماك المتنوعة التغذيه.

داخل هذه الاقسام يمكن تقسيم الاسماك بصورة اكثر تحديدا الى:

١ - euryphagous وهى الافراد التى تتغذى على اغذية مختلطة.

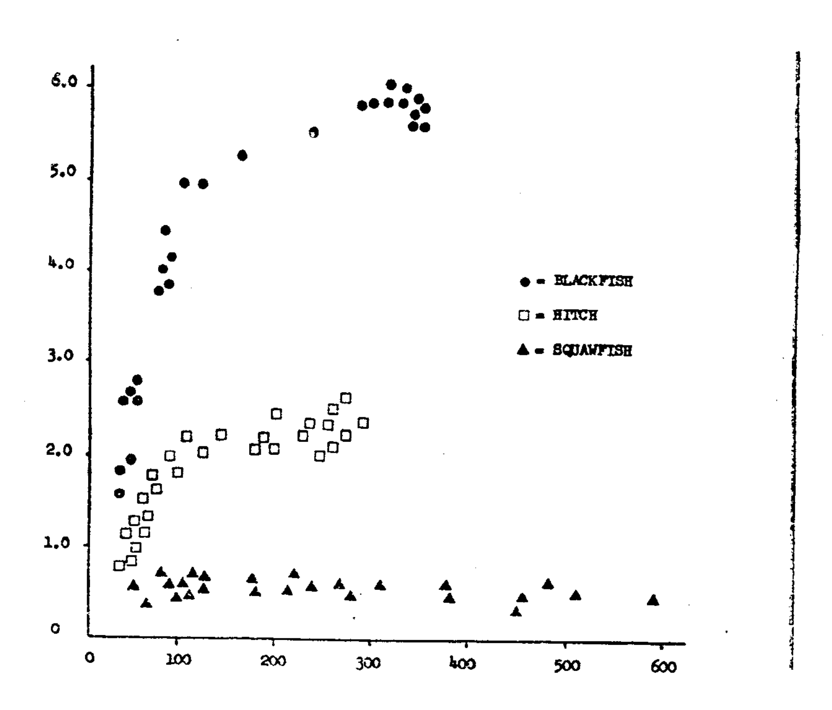
ب - stenophagous وهى الافراد التى تتغذى على مجموعة محدودة من الانواع الغذائية.

جـ- monophagous الافراد التى تتغذى على نوع واحد فقط من الاغذية.

هذا ومن الملاحظ ان معظم الاسماك تتبع مجموعة المفترسات المختلفة الاغذية euryphagous carnivores، وكذلك فغالبا ما يرتبط نظام التغذية ونوعية الغذاء بشكل الجسم والجهاز الهضمى. فعلى سبيل المثال نجد ان الاسماك كبيرة المعدة ذات المسطح الكبيرة هى

التى تتغذى على الطحالب وفتات الصخور وبالتالى يحتوى غذائها على نسبة عالية من المواد الغير مهضومة مثل الرمل والطين والسليلوز ومن الملاحظ انه داخل الاسماك المفترسة نفسها نجد ان اطول المعدة يكون اكبر فى الاسماك التى تتغذى على الكائنات الصغيرة مقارنة بتلك التى تتغذى على الكائنات الكبيرة، لذلك نجد ان اسماك orthodon microlepidotus وهى من العشبيات يكون لها معدة كبيرة ومتسعة مقارنة باسماك (ptychocheilus grandis) وهى من المفترسات والتى تتغذى على الاسماك الاخرى فى حين نجد Lavinia exilicauda يكون طول معدتها وسط بين النوعين السابقين حيث انها تتغذى على البلانكتون الحيوانى الصغير (شكل ١).

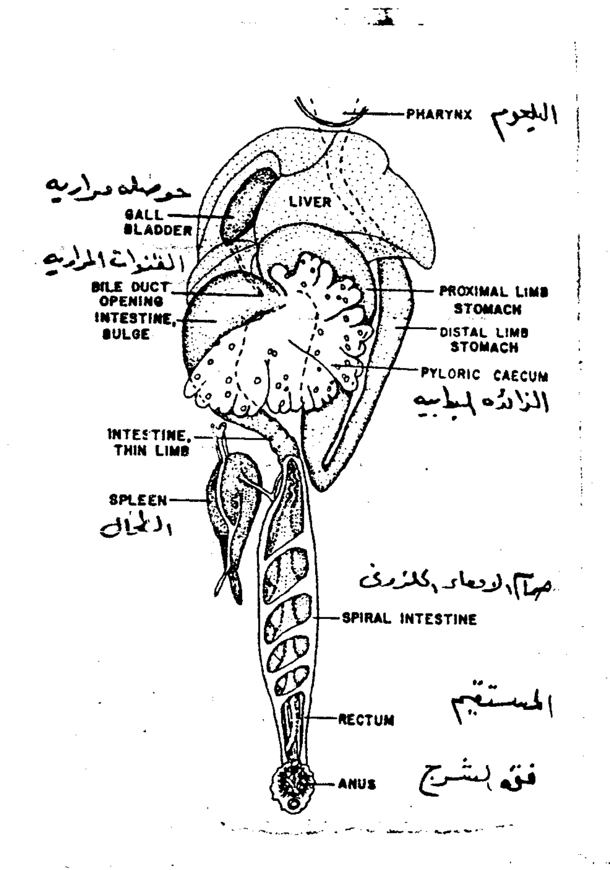
من الملاحظ ايضا ان مساحة الهضم يمكن ان تزداد من خلال استخدام صمام الامعاء اللولبى والذى وجد فى اسماك الحنش sturgeons والاسماك الرئوية.



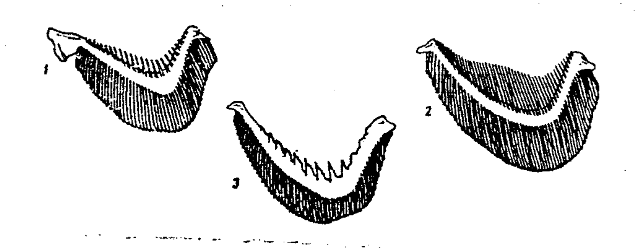
شكل ١ العلاقة بين الطول النسبى للقناة الهضمية والطول القياسى للاسماك فى اسماك Squawfish, hitch, blackfish (Kline, 1978).

الصمام الحلذونى عبارة عن تذية طولية تلتف الى اسفل بطول الامعاء مثل درج السلم الحلذونى (شكل ٢).

كذلك فمن الملاحظ ان تركيب التجويف الفمى - البلعومى غالبا ما يرتبط بنوع الغذاء.



شكل ٢ الامعاء فى اسماك paddlefish حيث يظهر صمام الامعاء الحلذونى الطرف القريب للمعدة تقع فى وسط البطن البنكرياس المنتشر قد اغفل من هذا العرض (Moyle and Cech, 1982).



شكل ٣ يوضح الاقواس الخيشومية فى اسماك predatory planktophagic حيث يلاحظ ان الاقواس الخيشومية ١، ٢ خاصة بجنس من الاسماك تتغذى على البلانكتون اما الثالث فيخص احد الاجناس التى تتغذى على الفرائس الاكبر.

وطريقة التغذية، فعلى سبيل المثال نجد ان الصفيحة البلعومية الموجودة ظهريا عند مدخل البلعوم تعمل على حجز الماء الزائد والداخل مع الغذاء فى اسماك الكارب Cyprinus carpio (Jare, 1957).

وعلى العكس من ذلك فقد وجد ان الصمام البلعومى المنحدر من سقف البلعوم فى اسماك scarid قد يساعد فى وضع اجزاء من المرجان لطحنها بواسطة الاسنان البلعومية وكذلك تزيتها بواسطة الخلايا الطلائية المخاطية (Kappor et al., 1957). ايضا نجد ان الاشعة الخيشومية الغضروفية او العظمية والتى تظهر كبروز من كل قوس خيشومى عادة ما تكون متخصصة لطرق التغذية المختلفة (شكل ٣).

ففى اسماك Micropterus salmoides نجد ان الاشعة الخيشومية تكون قصيرة وقوية وحادة وبينها مسافات كبيرة حيث تكون وظيفتها اساسا منع الفريسة من الهرب خلال الخياشيم وان كانت قد تعمل ايضا على اتلافها وسقوط قشور السمكة بمرورها خلال الاشعة الخيشومية.

اما اقصر واعرض اشعة خيشومية فقد وجدت فى اسماك Lepomis microlophus والمتخصصة فى التغذية على قواقع الاشعة الخيشومية المتوسطة فى طولها وسمكها والمسافة بين فراغاتها وجدت اسماك الـ bluegil اما اطول وارفع الاقواس الخيشومية فقد وجد فى اسماك الـ cuappies وهذا يعكس اهمية ايجاد البلانكتون الحيوانى فى الوسط المحيط بها حيث تعمل تلك الاسماك على التقاطه منفردا من

البيئة المحيطة، كذلك فبوجه عام نجد ان اكثر الاقواس الخيشومية رفعا فى السمك وقويا للفراغات البينية هى التى توجد فى اسماك atlantic men haden والتى تعمل على ترشيح البلانكتون من الماء المحيط بها. لذلك نجد ان تواجد مجموعات كبيرة من تلك الاسماك يؤدى الى خفض تركيز البلانكتون النباتى وتركيز الاكسجين فى الوسط المحيط بها (Oviatt et al., 1972). التركيزات الكبيرة من الكائنات التى تتغذى عليها الاسماك فى الماء يؤدى الى زيادة سرعة السباحة فقد وجد Durbin and Durbin سنة ١٩٧٥ ان الاستجابة الغذائية لاسماك الـ menhaden ترتبط بوجود البلانكتون النباتى الحيوانى الكبير اكثر من ارتباطها بالكثافة العالية لوجود البلانكتون النباتى الصغير والذى يصفى من الماء بواسطة السمكة بكفاءة اقل.

من ناحية اخرى نجد ان تركيب الفم ايضا يرتبط بنظام التغذية وعادات الاسماك ففى اسماك الـ ancestral نجد ان الفم يتكون من فكين قويين مغطاه باسنان حادة للامساك بالفريسة.

فى الاسماك الحديثة نجد ان الشىء الاكثر شيوعا هو ان الفم محورا للتغذية بالشفط فى تلك الاسماك نجد ان الفك يكون قصير ليحد من فراغ الفم بينما يظل الاتساع فى فراغ Orobrancial مما يؤدى الى زيادة سرعة الماء خلال الفم الاصغر عندما يتمدد التجويف او ينقبض.

فى الاسماك مفيحة الخيشوم مثل الـ Slcates, Rays نجد ان الشفط القوى والذى يحدث من الفم يمكنها من التغذية بكفاءة على الكائنات اللافقارية والتى تعيش فى قاع الوسط المائى.

فى عام ١٩٧٠ قام Alexander بتدريب الاسماك على تناول حلقات من دودة الارض خارج النهاية الحرة لانبوبة من النايلون متصلة بمسجل لقياس الضغط وقد وجد ان هناك ضغط سالب يتراوح بين -٨٠ سم ماء (١٨ م) فى اسماك (Ictalurus melas)، -٤٠٠ سم ماء (٢٧ م) فى اسماك (Pteraphllum scalaxe).

من الدراسات التى اجريت على تغذية اسماك القرش وجد ان هناك نوع غير عادى من الافتراس حيث نجد انها تتناول فرائس اكبر من الحيوان المفترس نفسه كذلك نجد ان الحافة المنشارية للاسنان مخرازية الشكل والموجودة على الفك السفلى والاسنان شفرية الشكل والموجودة على الفك العلوى بالاضافة الى حركة هز الراس الشديدة تمكنها من قطع لحم الحيوانات الكبيرة البطيئة الحركة بكفاءة.

كما ان التطور الجيد لعضلات الفك بالاضافة الى الدفع الاستثنائى لغضروف hyomandibular يوفر دعامة للفم بحيث يمكنه من احداث قطع عميق اشبه بالحفر بواسطة الازميل.

على العكس من ذلك نجد ان الاسماك التى تعتمد فى غذائها على تصفية الطعام من الماء مثل (Cetbrhimus) (Mobulidue) (Rhinodoum), يكون لها عضلات فك ضعيفة واسنان مختزلة ولكن فى نفس الوقت نجد ان الاقواس الخيشومية المحكمة تعمل على حجز الكائنات الدقيقة من تيار الماء.

٢) التغذية Nutrition

معظم المعلومات المتوافرة والمتعلقة بالاحتياجات الغذائية للاسماك تم الحصول عليها من التجارب الغذائية والتى اجريت على الاجناس التى تم زراعتها صناعيا واولها Salmonids هذه التجارب اوضحت الاهمية النسبية للتغذية على البروتين والدهن والكربوهيدرات للنمو (البناء) وانتاج الطاقة اللازمة لسير العمليات الحيوية الداخلية بالجسم (الهرم).

فالبروتينات والتى تتكون من سلسلة من الاحماض الامينية وجد انها ضرورية اساسا للنمو وان كانت قد تستخدم ايضا فى انتاج الطاقة. اهمية البروتين للنمو ظهرت من خلال العديد من الدراسات عن طريق التغذية على بعض البروتينات الفقيرة فى محتواها من احماض امينية معينة لاتستطيع الاسماك من تخليقها داخل اجسامها، ففى عام ١٩٥٧ قام Halver بتغذية مجموعة من اسماك (Oncorhynchus Tshawytscha) على علائق خالية من احماض امينية معينة ثم قام بمقارنة نموها باسماك مجموعة المقارنة والغذاء على علائق كاملة فى محتواها من الاحماض الامينية حيث وجد ان هناك انخفاض فى معدل نموها بدرجة كبيرة وذلك لعدم اكتمال عملية تخليق البروتينات الجديدة (العضلات) نظرا لغياب واحدا او اكثر من الاحماض الامينية التى تدخل فى تركيب سلسلة البروتين الجديدة.

كذلك وجد ان نقص الاحماض الامينية قد يؤدى الى تطور شاذ للفقرات مثل حالة Scolisis (انحناء العمود الفقرى جانبيا)، حالة Lordosis (انحناء العمود الفقرى للامام) مجموعة الاحماض الامينية التى لاتستطيع الاسماك تخليقها داخليا تعرف بالاحماض الامينية الضرورية وهذه المجموعة لابد من توافرها فى غذائها وتشمل احماض امينية هى الارجنين ، هستدين، ايزوليوسين، ليوسين، ليسين، ميثايونين، فينيل الانين، ثريونين، تربتوفان، فالين.

من ناحية اخرى فقد وجد ان هناك اختلافات فى الكميات المطلوبة من تلك الاحماض الامينية بين الانواع المختلفة.

فى الاسماك المفترسة نجد ان البروتينات تمثل مصدر هام للطاقة لتقليل الاحتياجات التمثيلية فعلى سبيل المثال نجد ان اسماك Salmo gairdneri نجد ان غذائها يتكون اساسا من الافقاريا وبالتالى نجد ان البروتين يمثل نسبة عالية من غذائها الطبيعى او اكثر من احتياجاتها للنمو.

فى الاسماك المنزرعة نجد ان الجزء البروتينى للغذاء عادة مايكون مصدره مسحوق السمك وهو يعتبر اغلى جزء فى الغذاء مقارنة بعناصر الغذاء الاخرى.

لذلك فحتى يمكن خفض تكلفة الانتاج نجد ان مربى الاسماك يقوم باضافة البروتين الى العلائق بكميات تكفى فقط للعمليات البنائية مع اضافة الدهون، مصدر الكربوهيدرات الرخيصة نسبيا كمصدر للطاقة.

كذلك فمن الملاحظ ان تكلفة الطاقة اللازمة لهدم (تحليل) جزئى البروتين الكبير المعقد تكون عالية وهى تعرف ب (SDA) الفعل الديناميكى الخاص والتى تزداد بزيادة كمية البروتين فى الغذاء، وقد وجد Schalles and Wissing سنة (١٩٧٦) ان حوالى ٦ر١٢٪ ، ١ر١٦٪ من الطاقة الماكولة بواسطة اسماك الـ Bluegill تستخدم فى هضم وتمثيل الاغذية المحتوية على ٩ر٢٣٪ ، ٣ر٤٥٪ لبروتين على التوالى.

بالنسبة للكربوهيدرات والدهون فانها تمثل مصادر الطاقة الاخرى فى الغذاء فى البيئات المائية الطبيعية نجد ان الدهون توجد فى كل المصادر النباتية الحيوانية اما الكربوهيدرات فانها توجد فقط فى المصادر النباتية.

من الملاحظ ان هناك انخفاض فى الكفاءة الهضمية للكربوهيدرات بواسطة المفترسات مثل السالمون، السالمون المنقط يؤدى الى انخفاض كمية الطاقة المتحصل عليها من تناول المصادر الكربوهيدراتية مثلا نجد ان اسماك السالمون تنتج فقط ٦ر١ كيلو، كالورى من الطاقة من كل ١ جم من كربوهيدرات الى الغذاء بينما تنتج ٩ر٣ كيلو كالورى، جم من بروتين الغذاء، ٨ كيلو كاورى/ جم من اهم الغذاء. لذلك يجب على مربى اسماك السالمون ان ياخذ فى اعتباره ان انخفاض تكلفة مصادر الكربوهيدرات يقابله من الناحية الاخرى انفاض قيمتها الغذائية.

داخل اقسام الكربوهيدرات نفسها نجد ان السكريات الاحادية تكون اكثرها هضما يليها فى الترتيب السكريات الثنائية ثم السكريات العديدة البسيطة ثم الدكسترين ثم النشا المطبوخ ثم النشا الخام (Halver, 1976) كذلك فقد وجد Stickney and Shumway (١٩٧٤) فى بعض انواع العشبيات Omnivorous مثل Arius, Anchoa ان كائنات الامعاء الدقيقة تقوم بهدم السليلوز وتجعله متاح للاسماك، حيث وجد ان التى لها القدرة على هدم السليلوز اما انها تعيش فى الامعاء؛ انها تدخل الى الامعاء بصفة دورية مع فتات الصخور.

بوجه عام نجد ان الدهون تعتبر مصدر غنى بالطاقة للاسماك حيث وجد Halver (1976) انه بالاضافة الى محتواها العالى من الطاقة (٨ كيلو كالورى/جم) فانها تهضم ايضا كلية. ايضا وجد ان زيادة محتوى الطاقة فى الاغذية المحتوية على كمية قليلة من السمك تؤدى الى زيادة النمو لاقصى درجة عن طريق توفير البروتين الماكول لتخليق الانسجة.

بالاضافة الى كون الدهون مصدر جيد للطاقة فانها توفر ايضا الاحماض الدهنية الضرورية والاحماض الدهنية تستخدم فى بناء الدهون والزيوت التى يتم تخزينها فى جسم الاسماك لاستخدامها فيما بعد كمصادر للطاقة، المثال على ذلك اسماك والتى تقوم بترسيب الدهون لاستخدامها اثناء فترات الصيام اثناء هجرتها ضد التيار الى اماكن وضع البيض، كذلك فقد وجد Andrews and Stickney (1972) ان الدهون المخلقة بواسطة السمكة لتخزين الطاقة تماثل الدهون الماكولة تماما فى درجة تشجعيها. الاهمية النسبية للدهون والبروتين كمصدر للطاقة شوهدت ايضا فى الاسماك عن طريق الاختلافات التى تحدث فى نسب تلك المواد فى الجسم اثناء فترات الصيام والتى تحدث بصفة دورية فى دورة حياة العديد من الاسماك فقد وجد Savits (1971) ان اسماك الـ Bluegill تستخدم بروتين الجسم وكذلك الدهن لتغطية احتياجاتها من الطاقة اثناء الصيام. حيث وجد ان هناك انخفاض معنوى فى كميات كلا من دهنى بروتين الجسم فى الاسماك الصائمة بينما يظل محتوى الجسم من المكونات الغير عضوية تقريبا ثابت. نقص محتوى البروتين قد يعزى الى التركيزات العالية من الانزيمات المحللة للبروتين والتى وجدت فى عضلات الاسماك.

نقص البروتين والدهن والذى يحدث فى اسماك Bluegill ينعكس بصورة واضحة فى التغييرات المعنوية فى وزن الجسم لتعويض ذلك نجد ان الماء يحل محل الدهن، البروتين الممثل لسد النقص فى وزن الجسم، فقد وجد ان محتوى الماء الكلى فى اجسام اسماك Sockeye Salmon يزداد من ٦٠٪ الى ٧٠٪ اثناء الهجرة لوضع البيض.

من ناحية اخرى فقد قام Grayton and Beamish, 1977 بدراسة تاثير تقديم كميات غير محدودة من الغذاء لاسماك الـ Trout حيث وجد ان تلك الاسماك عند وضعها على درجة ١٠ م فانها سوف تستهلك كمية من الطعام تقل قليلا عن ٤٪ من وزن جسمها (على اساس الوزن الرطب)/يوم من محبيات الاسماك فقط.

وقد لوحظ ان الاسماك سوف تستهلك تلك الكمية فقط بغض النظر عن ماذا كانت تلك المحبيات تقوم بكميات غير محددة فى اليوم، حتى ست مرات فى اليوم كذلك فان معدلات النمو ايضا لم تختلف مع زيادة عدد مرات التغذية من مرتين الى ست مرات فى اليوم.

على العكس من ذلك فقد اوضح Balon (1977) ان الجسم العميق السمين مرتبط بوفرة الغذاء.

٣- الهضم: Digestion

الهضم فى الاسماك يشمل عملية تكسير الغذاء بفعل الانزيمات وفى بعض الحالات عن طريق الافرازات الحامضية للمعدة. من الملاحظ ان تنوع الاغذية التى نجدها فى القنوات الهضمية للاسماك يعزى الى الاختلافات فى الشكل المورفولوجى ودرجة التاقلم الكيميائى والتى تتطور للقيام بعملية الهضم.

يحتوى المرىء فى الاسماك على العديد من الخلايا المخاطية والتى تعمل كانبوبة لانتقال وانتظار الغذاء بين التجويف الفمى والجزء السفلى من القناة الهضمية كذلك ففى العديد من الاسماك (خاص المفترسات) فان القناة الهضمية تحتوى على معدة خفيفة والتى تتميز بوجود طبقة العضلات الناعمة (طبقة الميكوزا العضلية) فى نسيجها ومن ناحية اخرى فان تطور القونصة لتقوم بعمليات طحن الغذاء بالاضافة الى عمليات الهضم الانزيمى) كما هو موجود فى اسماك Shad, Mullets هو عبارة عن التخصص المعدى For microphagous food habits طبقة الميكوزا فى معدة الاسماك المفترسة تقوم بانتاج انزيمه البروتياز الذى يعمل على هدم البروتين والذى يكون نشاطه الامثل عند درجة PH ٢-٤ ايضا يتم افراز حامض HCL بواسطة طبقة الميكوزا لتوفير درجة الـ PH المنخفضة.

عملية افراز الحامض المعدى تنبه بواسطة انتفاخ المعدة والذى يعمل عن طريق التنبيه بمادة الاستيل كولين بواسطة الالياف العصبية لذلك فان هذه الاشارات العصبية والمنبهة لافراز الحامض يمكن تثبيطها عن طريق الحقن بمادة الاتروبين.

تتأثر معدلات افراز الحامض المعدى والبيبن بدرجة حرارة الوسط المحيط. فقد وجد ان زيادة درجة حرارة الوسط المحيط (وهى درجة معينة) يؤدى الى زيادة معدلات الافراز لتلك المواد مما يؤدى الى زيادة معدلات الهضم، فقد وجد ان زيادة درجة الحرارة بـ ١٠ م ادى الى زيادة فى معدل الهضم حوالى ٣-٤ اضعاف.

كذلك فقد وجد ان عملية هدم البروتينات يمكن ان تتم فى الوسط القاعدى للامعاء بفعل انزيمه التربسين المفرز من انسجة البنكرياس والذى اما ان يكون فى صورة عضو مندمج كما فى اسماك الماكريل او منتشر على اغشية المسارتيا المحيطة بالامعاء والكبير. بعض الاسماك يكون لها واحدة اكثر من الزوائد البوابية والتى تكون عبارة عن كيس مغلق من احد الجانبين ويتكون نسيج افرازى موجود بالقرب من الصمام البوابى عند اتصال المعدة بالامعاء (شكل ١ ر ٩) التربسين قد يفرز من نسيج الزائد او من نسيج البنكرياس.

يوجد بالاسماك ايضا الانزيمات المحللة للكربوهيدرات (مثل كربوهيراز) والدهون مثل الليباز حيث يعتبر البنكرياس الجزء الاول المفرز للانزيمات المحللة للكربوهيدرات (مثل الاميليز الذى يهدم النشا) كذلك نجد ان طبقة ميكوزا الامعاء والزائدة البوابية تعتبر اماكن انتاج اضافية فى العديد من الانواع ايضا يعتبر البنكرياس هو المكان الاول لافراز انزيم الليباز وذلك على الرغم من وجود نشاط ليبازى فى مستخلص الزائدة البوابية والجزء العلوى للامعاء والبنكرياس فى اسماك الماكريل Scup, menhaden (Chesley, 1934).

من الملاحظ ايضا ان وجود كمية الانزيمات الهاضمة ترتبط بنوعية غذاء الاسماك مثلا نجد ان الاسماك العشبية والتى لاتحتوى على معدة لاتحتوى ايضا على انزيم البيبسين كاحد الانزيمات المحللة للبروتين (Kapoor et al., 1975) كذلك نجد ان اجناس Omnivorous تحتوى على اميليز نشط فى القناة الهضمية اكبر عدة مرات مقارنة بالمفترسات (Volya, 1966).

المركبات المعقدة التى يتم هدمها بواسطة الاسنان البلعومية والقونصة وافرازات الحامض المعدى والانزيمات يتم امتصاصها خلال جدار الامعاء.

كمية العناصر الممتصة يمكن تقديرها عن طريق الفرق بين كمية ونوعية الغذاء الماكول والروث الناتج. هذه التقديرات يمكن ان تكون اكثر دقة اذا اخذنا فى الاعتبار كمية نيتروجين وطاقة الروث التمثيلى (كمية نيتروجين وطاقة الروث والتى لايكون مصدرها الغذاء).

كما هو الحال فى الحيوانات الاخرى فان التحول التمثيلى للمكونات البيوكيميائية سواء لانتاج طاقة، لتخلق مكونات اخرى (مثل الانزيمات - بناء البروتينات - تخزين الجلسريدات الثلاثية) تحتاج الى عوامل مساعدة خاصة لكى تتم ومن هذه العوامل المساعدة والتى لاتكون متاحة فى الجسم بكمية كبيرة "الفيتامينات".

ومن الملاحظ ان احتياجات الاسماك من الفيتامينات تختلف باختلاف الجنس.

الابحاث التى اجريت لتحديد احتياجات الاسماك من الفيتامينات قليلة والجداول ١، ٢ يوضحا الاحتياجات وكذلك اعراض النقص الغذائى للفيتامينات الهامة.

٤- النمـــو: Growth

معظم الاسماك تستمر فى النمو طوال حياتها لذلك نجد ان النمو يعتبر احد العوامل الهامة والتى يتم دراستها بصورة مكثفة فى بيولوجيا الاسماك حيث يعتبر مؤشر جيد صحة وحيوية الافراد والجماعات، النمو السريع يدل على الغذاء الوفير والظروف الاخرى الملائمة بينما نجد ان النمو البطىء يدل على العكس يمكن تعريف النمو بانه التغير فى الحجم (طول - وزن) بالنسبة للوقت، يمكن تعريفه من الناحية الحرارية بانه التغير فى عدد الكالورى المخزنة فى صورة انسجة جسمية وتناسلية، من الملاحظ ان التعريف الحرارى يكون مفيد جزئيا فى فهم العوامل التى تؤثر على النمو فى الاسماك وذلك لان طاقة الغذاء الماكول (ا) (مقاسة بالكالورى) يجب ان تظهر اما الطاقة مستهلكة فى التمثيل الغذائى (م)، النمو (ج)، كطاقة مفرزة (ى) (Brett and Groves, 1979).

هذه العلاقة يمكن التعبير عنها ببساطة فى المعادلة الاتية:

ا = م + ج + ى (١)

كما هو موضح فى الجزء الرابع نجد ان الطاقة الممثلة المستهلكة تشتمل على الطاقة (الكالوريات) المستهلكة للمحافظة على الجسم وتعويضه، لهضم الغذاء، والحركة، الطاقة المفرزة تكون فى صورة البراز، الامونيا واليوريا والكميات الصغيرة من المخاط وخلايا الجلد الطلائية الميتة.

جدول ١ احتياجات النمو من الفيتامينات

جم/كمية مادة جافة	Rainbow trou	Brook trout	Brown trout	Chinook salmon	Coho salmon	Carp fish	Eel tail	Gold catfish	Yellow	Channel
ثيامين	١٢-١٠	١٢-١٠	١٢-١٠	١٥-١٠	١٥-١٠	Rb	R	R	R	R
ريبوفلانين	٣٠-٢٠	٣٠-٢٠	٣٠ ٢٠	٢٥-٢٠	٢٥-٢٠	٧٠-٧				R
بيروكسين	١٥-١٠	١٥-١٠	١٥-١٠	٢٠-١٥	١٠-٥				R	R
بنتوثيانات	٥٠-٤٠	٥٠-٤٠	٥٠-٤٠	٥٠-٤٠	٥٠-٤٠	٤٠-٣٠		R	R	R
نياسين	١٥٠-١٢٠	١٥٠-١٢٠	١٥٠-١٢٠	٢٠٠-١٥٠	٢٠٠-١٥٠	٥٠-٣٠				R
فولاسين	١٠-٦	١٠-٦	١٠-٦	١٠-٦	١٠-٦	؟				R
سيانوكوبل امين	R	R	R	١٥ر٠-١ر ٢ر٠	١٥ر٠- ٢ر٠	؟				R
ميوانو-سيتول	٣٠٠-٢٠٠	R	R	٤٠٠-٣٠٠	٤٠٠-٣٠٠	٣٠٠-٢٠٠				R
كولين	R	R	R	٨٠٠-٦٠٠	٨٠٠-٦٠٠	٢٠٠-١٥٠٠				R
بيونين	١-٢ر١	١-٢ر١	٥ر١-٢	١-٥ر١	١-٥ر١	١-٢ر١	R		R	R
اسكوربات	١٥٠-١٠٠	R	R	١٥٠-١٠٠	٨٠-٥٠	R		R	R	R
فيتامين ا	٢٥٠٠-٢٠٠٠	R	R	R	R	٢٠٠٠-١٠٠٠		R	R	R
فيتامين هـ	R	R	R	٥٠-٤٠	R	١٠٠-٨٠			R	R
فيتامين ك	R	R	R	R	R					R

ا - تم تربية الاسماك عند درجة حرارة معروفة مع تغذيتها على علائق تحتوى على الاحتياجات من البروتين.

ب - R = تعنى ان هذا الفيتامين مطلوب ولكن غير معروف كميته بالضبط.

جـ - الاحتياجات تتاثر بصورة مباشرة بكمية ونوعية دهن الغذاء.

Halver (1972)

جدول ٢ يوضح اعراض الفيتامينات في اسماك
Salmon, Trout, Carp Cat fish

الفيتامين	اعراض النقص
ثيامين	ضعف الشهية- ضمور العضلات - عدم ثبات وفقد الاتزان- تجمع الماء فى فراغ البطن وتحت الجلد - ضعف النمو.
الريبوفلافين	تقيح عدسة العين تامة، نزف العين - الخوف من النظر للضوء - عدم التوافق العصبى - التلوين الغير طبيعى لحدقة العين - التلون الغامق -ضعف الشهية -الانيميا - ضعف النمو.
بيرودكسين	اضطرابات العصبية - نوبات الصرع - الهياج الشديد - الانيميا - فقدان الشهية - تجمع الماء في التجويف البطن (اوديما) - السوائل المطلبة عديمة اللون - التنفس السريع فى صورة لهف - التيبس الرمى السريع بعد الوفاه.
حامض البانتوثينيك	تاخذ الخياشيم شكل مميز - الاجهاد - فقدان الشهية - تقرن وظهور ندبات على الجلد - ضمور العضلات - افراز بعض المواد من الخياشيم - الكسل - ضعف النمو.
اينوسيتول	ضعف النمو - انتفاخ المعدة - زيادة طول فترة تفريغ المعدة - تلف الجلد.
بيوتين	فقدان الشهية - تلف القولون - التلون - ضمور العضلات - اضطرابات تشنجية - تلف الجلد - ضعف النمو.
حامض الفوليك	ضعف النمو - كسل - تكسير الوعنفة الذيلية - التلون الغامق - الانيميا.
كولين	ضعف النمو - ضعف كفاءة التمويل الغذائى - نزف الكلية والامعاء.
حامض نيكوتينيك	فقد الشهية، صعوبة الحركة- العفف- احتجاز الماء فى المعدة والقولون- ضعف النمو - انقباض العضلات اثناء الراحة.
فيتامين ب ١٢	ضعف الشهية - انخفاض نشبه الهيموجلوبين - الانيميا.
حامض الاسكوربيك	حدوث ميلان جانبى للعمود الفقرى، تلف العين - نزف الجلد والكبد والكلية والامعاء والعضلات - ضعف عملية تكوين الكولاجين - حدوث تغير فى تركيب الغضاريف.
٥ر-امينوبنزيك اسيد	لايوجد اعراض غير طبيعية فى النمو - الشهية - الوفيات.

العوامل التى تؤثر على النمو:

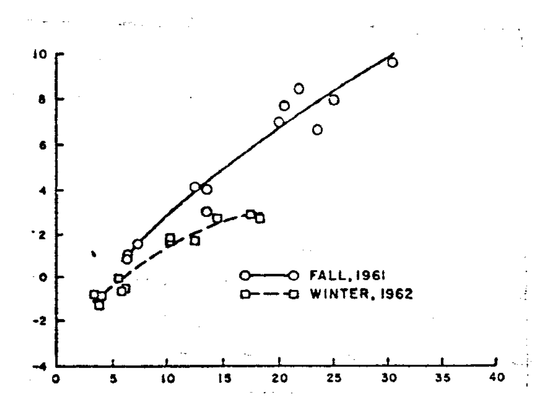
نظرا لان النمو عادة مايكون موجب (زيادة فى الوزن بالنسبة للوقت) فاننا عادة مانحصل على ميزان موجب للطاقة التمثيل الغذائى هو عبارة عن مجموع كل من البناء (بناء الانسجة، المفهوم البنائى للتمثيل الغذائى) + الهدم (انتاج الطاقة نتيجة لتكسير الروابط الكيميائية) لذلك نجد ان معدل البناء يكون اكبر من معدل الهدم فى الاسماك النامية.

العوامل الاساسية التى تنظم عمليات البناء هى هرمونات النمو المفرزة بواسطة الغدة النخامية وكذلك هرمونات الاستيرويدات المفرزة من الغدد الجنسية.

معدل النمو فى الاسماك يختلف بصورة كبيرة نظرا لان يعتمد بصورة كبيرة على العديد من العوامل البيئية المتداخلة مثل درجة حرارة الماء، مستويات الاكسجين والامونيا الذائبة فى درجة الملوحة، طول فترة الاضاءة، مثل تلك العوامل تتفاعل مع بعضها البعض لتاثر على معدلات النمو وكذلك مع عوامل اخرى مثل درجة التنافس كمية ونوعية الغذاء الماكول، عمر البلوغ فى السمكة.

١) الحرارة Temperature:

تعتبر الحرارة احد اهم المتغيرات البيئية، فعلى سبيل المثال نجد ان معدل النمو فى اسماك (Cyprinodon macularius) يزداد بزيادة درجة الحرارة حتى ٣٠ م قبل ان يحدث بعض الانخفاض فى معدل النمو عند درجة حرارة ٣٥ م كذلك فقد قام واخرون سنة ١٩٦٩ بقياس معدل الزيادة فى وزن الجسم فى اصبعيات اسماك السالمون الاحمر عند مستويات تغذية جديدة (حجم الدمية) وقد وجد انه مثلما هو الحال فى اسماك Pup fish فان اعلى معدلات النمو يتم الحصول عليها عند درجات الحرارة المتوسطة (١٥ م) وكذلك وجد ان العليقة الحافظة (كمية العليقة المستخدمة عند معدل نمو صفر) تزداد بزيادة درجة الحرارة مما يعكس زيادة التمثيل القياس، الحافظ [القيمة (م) فى المعادلة (١)]، عند درجات الحرارة الدافئة (فصل ٤) لذلك نجد انه عند اى درجة حرارة يكون هناك كمية عليقة مثلى للحصول على اعلى معدل نمو وقد لوحظ ذلك بالنسبة للمستويات العالية من التغذية فى اسماك
(Cotus perplexus) فى درجات حرارة الشتاء (شكل ٤) زيادة افقية النهائة العليا النمو تدل على ان هناك انخفاض معنوى فى كفاءة النمو الصافية (كفاءة الاستفادة من الغذاء للنمو عند التغذية فوق مستوى العليقة الحافظة) وهذا يعنى ان كمية الغذاء المستهلك الزائدة لاتستخدم بكفاءة للنمو.



شكل ٤ يوضح العلاقة بين معدلات النمو وكمية الغذاء المستهلك عند درجة حرارة تتراوح بين ٣ر٨ - ٨ر١٥ م اثناء خريف ١٩٦١ ومن درجة حرارة ٩ر٣ - ٩ر٨ م اثناء فصل الشتاء لعام ١٩٦٢ فى اسماك Sculpins .(Davis and Warren, 1965)

٢) مستويات الاكسجين الذائبة Soluble oxygen:

بالرغم من ان مستويات الاكسجين الذائبة فى الماء تعتمد على درجة الحرارة فانها تعتبر ايضا فى حد ذاتها من العوامل الهامة المؤثرة على معدلات النمو فى الاسماك فى عام (١٩٦٧) وجد Stewart واخرون ان هناك انخفاض معنوى فى معدل النمو وكفاءة تحويل الغذاء فى اسماك Micropterus عندما انخفض تركيز الاكسجين الذائب فى الماء الى اقل من ٥ ملجم/لتر عند درجة حرارة ٢٦ م هذا ومن الممكن الافتراض ان انخفاض مستوى الاكسجين عند هذا الحد يعوق الانشطة الهوائية الاضافية والتى تحتاج الى طاقة مثل النمو والتناسل.

هذه الاسماك (تسمى بمنظمات الاكسجين وتشمل على اسماك Striped mullet, Channel cat fish & Large mouth bass وغيرها) تحافظ على مستوى متزن من التمثيل الغذائى بانخفاض مستويات الاكسجين فى بعض الحالات نجد ان تلك الاجناس قد تلجا الى السباحة الى بيئات اخرى اكثر ملائمة.

٣) تركيز الامونيا NH3:

بالرغم من ان الامونيا هى المنتج الافرازى الاول للاسماك والا انه من الملاحظ ان وجودها بتركيزات عالية يؤدى الى خفض معدلات النمو على سبيل المثال اعطت اسماك Juvenile channel cat fish انخفاض خطى فى وزن الجسم بزيادة تركيز الامونيا فى الماء (شكل ٥) بالرغم من ذلك فمازالت الميكانيكية التى يتم من خلالها خفض معدل النمو بزيادة تركيز الامونيا غير معروفة حتى الان.

من الواضح ان لهذه المعلومات اهمية كبيرة من الناحية التطبيقية فى مجال زراعة اسماك Channel cat fish لذلك فعند تصميم نظام الزراعة الاسماك بحيث نحصل منه على اعلى معدل نمو يجب ان يحافظ على معدلات تدفق عالية من الماء الطازج لتحمل الامونيا الناتجة، يستخدم انظمة التخلص من الامونيا مثل استخدام النباتات الخضراء، المترشحات البيولوجية باستخدام من انواع البكتريا المناسبة.

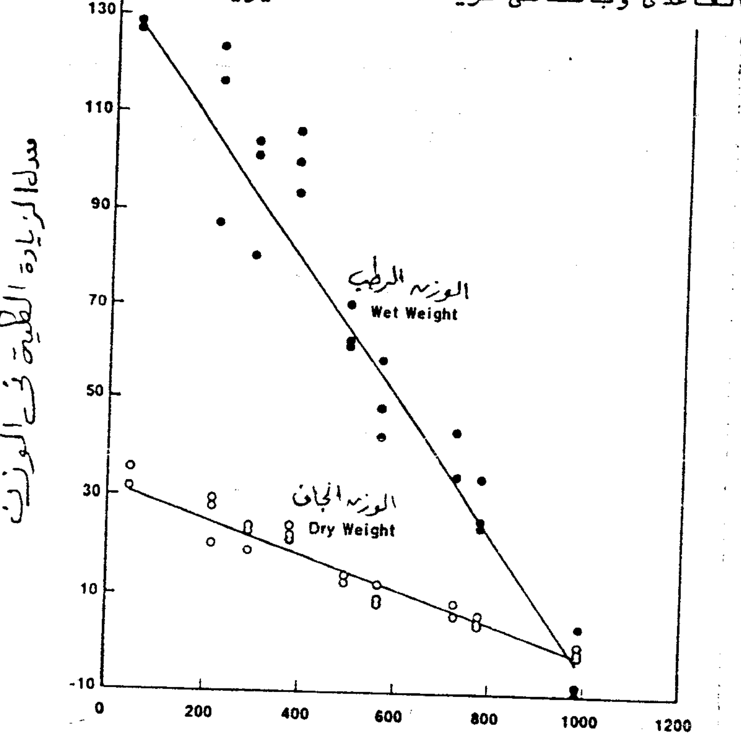
بوجه عام من المعروف ان الامونيا الغير متانية NH3 فى الماء تكون اكثر سمية على الاسماك مقارنة بتركيزات مساوية من الامونيا المتانية NH+ ونظرا لان المحتوى النسبى كل قلا الصورتين يعتمد على درجة PH الماء فان الكشف الدورى على درجة PH الماء يعتبر من الامور الهامة فى انظمة تكثيف انتاج اسماك المياه العذبة فى المزارع السمكية بالرغم من ان الامونيا من المركبات الطبيعية الا ان تاثيرها على الاسماك يكون مشابهة تماما للعديد من الملوثات والتى تعمل ايضا على خفض معدلات النمو عند تواجدها بتركيزات اقل من التركيز المميت.

٤) درجة الملوحة Salinity:

تؤثر ايضا على معدل النمو وجد ان اسماك Euryhaline desert pup fish (وهى من الاسماك التى تتحمل مستويات متسعة من الملوحة) اظهرت اقصى معدل نمو عند درجة ملوحة ٣٥ جزء فى الالف مقارنة بمستويات الملوحة الاعلى والاقل (Kinne, 1960) يتغير معدل النمو نظرا لان المكونات الاخرى التى تحتاج الى طاقة مثل (انظمة الانتقال النشط للايونات والتنظيم الاسموزى)، فتاثر بالخصائص البيئية هذه الاستجابات تزيد الاحتياجات الحافظة من الطاقة والتى سوف تخفض معدل النمو (ج) اذا كانت ١، ى تظل ثابتة (Brett, 1979).

٥) التنافس Compition:

من الملاحظ ان التنافس (سواء داخل او بين الانواع المختلفة) على كمية محدودة من الغذاء قد يؤدى الى خفض النمو وقد وجد Swingle and Smith, 1940 فى اسماك blue gill (Lepomis macrohicns) فى هذه الاجناس نجد ان الافراد البالغة والصغار كلاهما ياكل نفس الكائنات القاعية وهى غير مفترسة) تصبح قزمية عندما يصل حجم العشيرة الى مستوى معين وقد وجد ان تسميد الوسط المائى سوف يزيد من غذاء الحيوانات للافتقا القاعدى وبالتالى تزيد الكتلة الحيوية الكلية من اسماك الـ blue gill؛

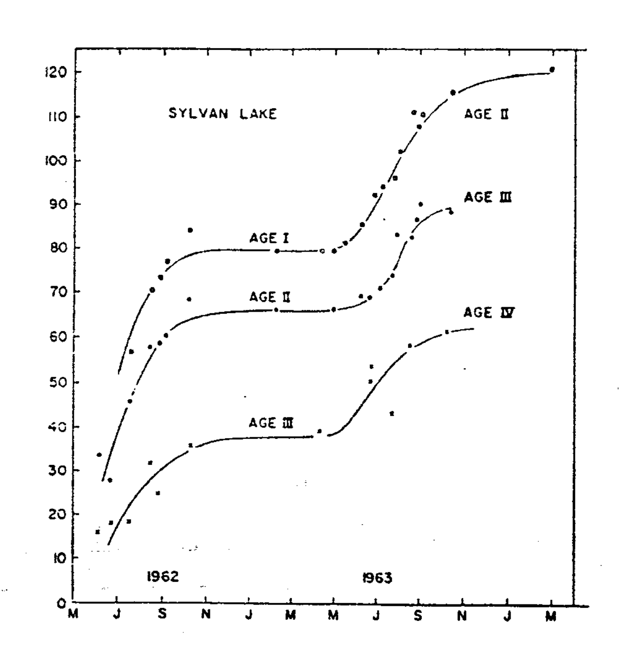


شكل ٥ يوضح تاثير الامونيا الغير متانية على النمو مقاس على اساس الوزن الكلى للاسماك فى كل حوض.

٦) مدى توافر الغذاء:

حيث يتفاعل هذا العامل مع باقى العوامل الاخرى وخاصة الحرارة ليؤثر على نمو الاسماك على اساس موسمى فعلى سبيل المثال وجد ان هناك اختلافات موسمية ملحوظة فى نمو اسماك الـ blue gill (زيادة الطول) الموجودة فى شمال انديانا (شكل ٦) حيث يزيد معدل النمو

اثنـــاء الشهور الدافئة الوفيـرة الغذاء مـن الملاحظ ايضا من شكل (٦)
ان هنـــاك انـخفاض فى مـعدل النـمو (خاصة الزيادة فى الطول) مع تقدم
العمـــر فى اسماك الـ blue gill كـمـا يـحدث بالضبط فى معظم الاسماك
الاخرى، كـذلك فقـد اظهرت اسمـاك Striped mullet المـيــاه الساحليـة
بـجنـوب تـكساس دورات موسمية للنمو مشابهة لتلك التى كانت لاسماك
blue gill فيـمـا عدا ان النـمو الفعلى يتوقف اثنـاء ادفا الشهور فى
منتصف الصيف وحتى خلال منتصف الخريف هذه المستويات leveling off
للنمو عندما يتواجد الغذاء يمكن اعزاءها الى درجات الحرارة الزائدة
والتـى تـخفض الكـفـاءة التمثيلية Cech and Wohlschlng, 1975 & 1981
مـن المـلاحظ ايـضا ان طول فترة الاضاءة (طول اليوم) قد تؤثر ايضا على
ظاهرة النـمو المـوسمـى - فعلى سبيل المثال وجد (Hagman, 1968) ٤-
اسماك Lake white fish ارتباط بين النمو وفترات الاضاءة الموسمية فى
حين لم يكن هناك بين درجات حرارة الماء فى الربيع والنمو.



شكل ٦ يـوضح الزيـادة الموسمية فى الطول لعشيرة من اسماك blue gill
تحتوى على مجموعات مختلفة من العمر الزيادة فى النمو تختلف باختلاف
الموسم وتنخفض مع العمر والحجم.

العمر عند النضج Age at sexual maturity:

يعتبر العمر عند النضج عادة من افضل الوسائل التى تستخدم للتنبؤ بمعدلات النمو النسبى فى الاسماك بالرغم من ان معدلات النمو المطلق تتاثر بدرجة كبيرة بالعوامل البيئية لذلك نجد ان الاسماك تنمو بسرعة كبيرة فى الطول فى الشهور او السنوات القليلة الاولى من حياتها وحتى النضج بعد ذلك نجد ان كميات الطاقة الزائدة تتحول من نمو الانسجة الهيكلية الى نمو الانسجة التناسلية وبالتالى يتبع ذلك انخفاض معدلات النمو للسمكة الناضجة بدرجة كبيرة مقارنة بالاسماك الغير ناضجة بالرغم من ذلك من الملاحظ ان الاسماك الناضجة تكون اقل فى الوزن/ وجد من الطول وذلك مقارنة بالاسماك الغير ناضجة وقد يعزى ذلك جزئيا الى وجود الانسجة الجنسية وهذا ينعكس فى معامل الصحة العالى (ك) والذى يستخدم كدليل على امتلاء الجسم بصورة جيدة.

$$ك ١ = \frac{و\ (١٠٠)}{ل^٣}$$

حيث وهى وزن السمكة بالجرام.

ل : هى الطول بالسجم.

ومن المعروف ان معامل الصحة عادة مايستخدم بواسطة علماء الاسماك كدليل على صحة عشيرة الاسماك فاذا كان لعشيرة الاسماك قيمة عالية د (ك) عندئذ قد يكون هناك وفرة فى الغذاء المتاح لمقابلة نمو كلا من الانسجة الهيكلية والتناسلية.

تنظيم النمو Growth regulation:

من الملاحظ ان تاثير فترات الاضاءة والعوامل الاخرى المؤثرة على معدلات النمو سوف يكون من خلال الاختلافات فى معدل افراز الهرمونات هرمون النمو فى الاسماك يتم تخليقه فى الخلايا، الموجودة فى الامامى للغدة النخامية (Doneldson et al., 1979) فقد وجد ان ازالة هذا النسيج يؤدى الى توقفه النمو فى اجناس Shark, Salmon, Poecitiids ومن ناحية اخرى، فان حقن هرمون النمو الخاص بالثدييات يؤدى الى زيادة معدلات النمو فى اسماك Juvenile echo salmon وقد يعزى ذلك الى

تحسين معدلات تحويل الغذاء الميكانيكية المحتملة مع هذا التحسين فى معدل التحويل الغذائى هى تنشيط حركة الدهن المخزن (كمصدر للطاقة)، زيادة عملية بناء البروتين، تنشيط انتاج افراز هرمون الانسولين Marker et al., 1977 كذلك فقد استخدمت هرمونات الغدة النخامية واستيرولات الغدد الجنسية لزيادة النمو فى اجناس عديدة فعلى سبيل المثال استخدم هرمونات داى ميسازين، نوريساندرولين (من الهرمونات الغدد الجنسية المخلقة) فى زيادة معدل النمو فى اسماك Juvenile raimbow trout وذلك عن طريق اضافة اى من المركبين السابقين الى العلائق المحببة هذه الزيادة فى وزن الجسم تعزى الى كلا من الزيادة فى معدل تخليق البروتين وتحسين كفاءة التمويل الغذائى .(Matty and Cheem, 1978)

قياسات معدل النمو Growth rate measurements:

يمكن تقدير معدل النمو فى الاسماك عن طريق قياس التغييرات فى الحجم خلال فترة زمنية معينة، من الناحية العملية عادة مايتم قياس معدل النمو عن طريق قياس التغييرات فى وزن الجسم الى الطول/ وحدة من الوقت.

بوجه عام عادة مايتم قياس معدلات النمو فى الاسماك باستخدام احد الطرق الاتية:

١) التربية فى بيئة يتم التحكم فى ظروفها البيئية:

يتم وضع السمكة (او البيض اواليرقات) المعروفة العمر فى تنك، بركة صغيرة، قفص فى حمام مائى اكبر). بعد ذلك يتم قياس طولها او وزن الجسم على فترات زمنية لحساب معدل النمو، هذه الطريقة تكون ذات قيمة خاصة فى تقدير نمو الاسماك المنزرعة والتى يتم التحكم فى معدلات تغذيتها، درجة حرارة الماء وكذلك باقى الظروف البيئية الاخرى.

٢) تعليم الاسماك ثم اعادة استرجاعها مرة اخرى:

فى هذه الطريقة يتم تعليم الاسماك ثم تركها فى وسط مائى بعد اخذ قياسات الحجم الاولية بعد مضى فترة زمنية معينة يتم اعادة مسك للاسماك ثم قياس الزيادة فى القياسات السابق تسجيلها.

يتم حساب معدل النمو من الواجب ان نتاكد من ان طريقة التعليم لاتحدث تغييرات معنوية فى سلوك الاسماك، معدل التغذية .. الخ، التعليم قد يتم عن طريق قص اشعة الزعنفة، باستخدام النيتروجين السائل "الوشم البارد"، عن طريق صبغ الجلد باستخدام طلاء تحت ضغط عالى، بالحلقات الفلورنسية فى العظام، القشور (والتى تظهر باستخدام الاشعة الفوق بنفسجية) عن طريق اضافة مضاد حيوى التيتراسيكلين، مادة (DCAF) الفلورنسية الى الغذاء Wober and Ridgway, 1962 and Hankin, 1978 اجراء عملية الترقيم يمكن ان يتم ايضا باستخدام قرص، صفيحة تلصق على السمكة من الخارج، باستخدام قضيب معدنى صغير يتم غرسه فى جسم السمكة وبحيث يتم الكشف عنه باستخدام مجال مغناطيسى.

بالرغم من ان تلك الاسماك تعطى بيانات اكثر واقعية تتعلق بمعدلات النمو فى حالتها الطبيعية فانها اكثر صعوبة فى اعادة مسكها مقارنة باستخدام الطريقة الاولى.

٣) التوزيع التكرارى للاطوال:

التوزيع التكرارى للاطوال يتم عن طريق قياس اطوال عينات فردية من عشيرة الاسماك ثم توقيع عدد الاسماك فى كل طول على رسم بيانى.

هذه الطريقة تكون مفيدة مع الاسماك الصغيرة حيث غالبا مايتم الفصل بين القمم المفردة باقسام العمر (شكل ٧) بمقارنة متوسط الاطوال بين اقسام العمر يمكن تقدير معدلات النمو التقريبية فى الاعمار المختلفة فعلى سبيل المثال، كما هو واضح فى شكل (٧) فان الاختلاف بين قسم العمر صفر، عند قسم العمر يكون ٤٩ مم - ٢٠ مم = ٢٩مم، لذلك فان هذا النمو عند المعدل المتوسط ٢٩ مم (طول)/ سنة خلال السنة الاولى من حياتها فى هذا المثال نجد ان الزيادة فى النمو تنخفض مع تقدم العمر ٢٩ مم الى ٢٤ مم/ سنة (بين قسم السنة II,I).

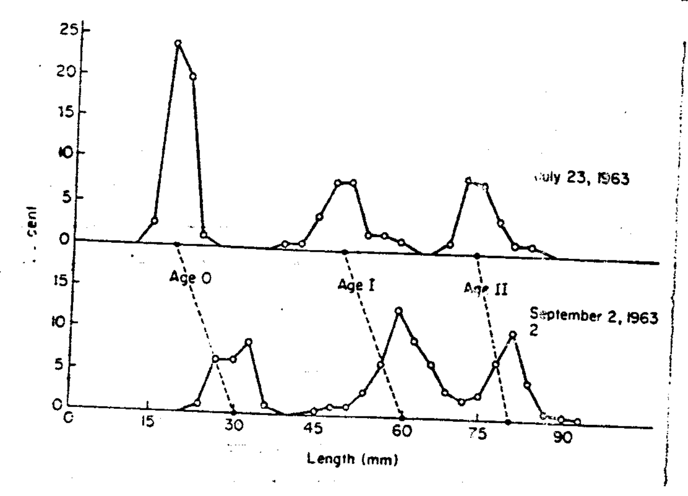
٤) حساب العمر من الحلقات الموجودة على التركيبات الصلبة:

الاسماك الغير ناضجة يكون لها نفس العدد من العظام والقشور مثل الافراد الصغيرة جدا، والافراد الاكبر من نفس التركيب الوراثى عندما يتم رعايتها تحت نفس الظروف. وفى العديد من الاجناس نجد ان معدل النمو فى قطر العظام، الزعانف القشور يكون كنسبة مئوية من معدل النمو (الطول) للسمكة هناك العديد من الاسباب التى تجعل القشور اكثر

التركيبات الصلبة التى يتم فحصها مثل الشفافية النسبية للقشور، سهولة اخذ العينات منها، قلة تكسرها.

القشور تنمو بواسطة خلايا Fibroblost فى منطقة المفيحة الليفية وكذلك عن طريق تكلس السطح الخارجى (CaCO3) شكل (٨) يوضح تكاثر الخلايا على الحافة الخارجية مما يزيد من قطر القشرة هذه الاضافة لقطر القشرة تحدث بصفة متكررة وبمعدلات ثابتة نسبيا للوقت ويتم تميزها كحلقات نمو التى تعرف بـ (Circali) عندما تكبر القشور فترات النمو البطىء يتم تمييزها فى القشور الكبيرة كمناطق من حلقات متلاصقة، الحلقات ذات الفراغات المتلاصقة يمكن ان تحدث على اساس سنوى كنتيجة ل

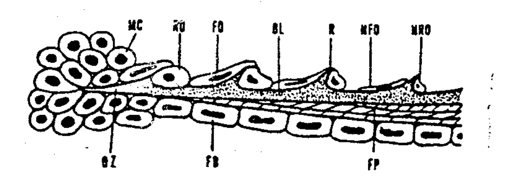
١) فى المواسم الباردة تنخفض الشهية والتمثيل الغذائى خاصة فى الماء.
٢) فترات الصيام المرتبطة بوضع البيض وعدم توافر الغذاء.
٣) عدم التكلس الجزئى للقشور فى الاناث مع نمو البيض والصغار. هذه الاختلافات الموسمية فى معدلات تكوين الحلقات تحدث خلال مدة محددة سنويا لذلك فان العمر يمكن تحديده عن طريق حساب عدد الحلقات وكذلك فان اطوال الاسماك فى كل سنة يمكن اعادة حسابه عن طريق قياس المسافة الخطية من مركز القشرة الى كل حلقة سنوية (شكل ٩) وعلى سبيل المثال فان الطول عند عدد N من السنوات يمكن حسابها باستخدام المعادلة الاتية (Lee, 1920).



شكل ٧ يوضح توزيعات نسبة الاطوال لاسماك Pond Smelt فى وسط واواخر الصيف.

$$\text{ل ن} = \text{ا} + \frac{(\text{ل} - \text{ا})\ (\text{ف ن})}{\text{ف ر}}$$

حيث
ل ن = طول السمكة عند عدد ن من السنوات
ا = رقم ثابت
ل = طول السمكة فى وقت مسكها
ف ن = قطر القشرة من المركز الى عدد ن من الحلقات
ف ر = قطر القشرة من المركز الى حافة القشرة



شكل ٨ يوضح شكل تخطيطى يظهر تركيب الحافة الامامية في قشرة من اسماك Telostean وكذلك منطقة الخلايا المكونة للقشور.

BL الطبقة العظمية، FB الخلايا الليفية، FO طبقة الخلايا العظمية المسطحة، FP الصفيحة الليفية، MC الخلية الحدية، NFO الخلايا العظمية المسطحة الميتة، NRO الخلايا العظمية الدائرية الميتة، OZ المنطقة المتعظمة، R الحرف، RO لخلايا العظمية الدائرية.



شكل ٩ يوضح قشرة من اسماك Bracmyistius frenatus حيث تظهر ٣ حلقات (عند درجة تكبير ١٤ مرة).

من حساب الطول بهذه الطريقة عند سنوات مختلفة يمكن حساب معدلات النمو.

جدول ٣ يوضح الاطوال القياسية للاسماك الماخوذة من سواحل جنوب تكساس والمحسوبة بالطريقة السابقة.

تم حساب الزيادة اليومية فى اسماك بواسطة حيث وجد ان عمق هذه الزيادات تراوحت بين ١ ميكروميتر الى ٢ ميكروميتر فى يرقات الـ anchovies ، ٣ ميكروميتر الى ٤ ميكروميتر فى اسماك الغازلى الاكبر ولكن كان من الصعب حسابها عندما تكون الحلقات السنوية قد تكونت لذلك فان استخدام الزيادة اليومية فى النمو لحساب العمر يكون فعال خاصة فى الاسماك الصغيرة (اقل من ١ سنة) وفى الانواع الاستوائية والتى لايمكن تمييز الحلقات السنوية بها بسهولة.

جدول ٣ يوضح الاطوال القياسية بالمليمتر فى اسماك striped mullet والمستخدمة فى حساب العمر بطريقة Baclc calculation

اقسام العمر	حجم العينة فى كل قسم عمرى	الاطوال القياسية (مم) ١	٢	٣	٤	٥
١	(٣٩)	١٣٢				
٢	(٧١)	١٢٧	١٩٤			
٣	(٥٤)	١٢٢	١٨٨	٢٣٤		
٤	(١٢)	١٢٥	١٧٨	٢٢٧	٢٦٦	
٥	(٣)	١٢٧	١٨٣	٢١٣	٢٤٩	٢٨٦
المتوسط		١٢٧	١٨٦	٢٢٥	٢٥٨	٢٨٦
الزيادة فى النمو		٥٩	٣٩	٣٣	٢٨	

٥) <u>استخدام الكربون المشع</u>:

فى عام ١٩٧٧ قام Ottoway and Simlciss بوصف طريقة حساب العمر عن طريق تحضين القشور الماخوذه من جلد الاسماك الحية فى بيئة تحتوى على الحامض الامينى الجليشين المعلم باستخدام كربون ١٤ وذلك لمدة اقل من ٤ ساعات بعد ذلك يتم قياس معدل اندماج الجليسين المعلم الى التركيب الكولاجينى للقشور وذلك عن طريق مستوى اشعة بيتا المنبعثة من القشور. معدلات النمو السريعة للاسماك يجب ان يصاحبه زيادة فى كمية الكربون -١٤ المندمجة فى القشور.

الباب الثانى

التوازن المائى المعدنى

HYDROMINERAL BALANCE

من المعروف ان الخلية الحية لكى تستمر فى الحياة مع اداء وظائفها الحيوية المختلفة فانها تحتاج الى بيئة معينة تتميز بوجود تركيزات خاصة من مواد معينة (بما فى ذلك الايونات) توجد ذائبة فى الماء. لذلك ففى حالة الاسماك نجد ان الوسط داخل جسم السمكة يجب ان يحتوى على توليفات ضرورية من الاملاح الذائبة، الحموضة، المركبات العضوية الذائبة على الرغم من ان البيئة الخارجية قد تكون مختلفة تماما فى محتواها من تلك العوامل لذلك فاننا فى هذا الفصل سوف نناقش عملية التنظيم الاسموزى، التنظيم الايونى، مقاومة التجمد، ميزان الحموضة والقلوية، ديناميكية وتنوع التوازن المائى الملحى Hydromineral فى الاسماك.

التنظيم الاسموزى:

يمكن تقسيم الاسماك من حيث طريقتها فى تنظيم محتواها الداخلى من الماء وتركيز المواد الذائبة الكلية الى ٤ مجموعات، اول طرق التنظيم الاسموزى هى تلك التى تستخدم بواسطة اسماك Aguatha, Myxiuifarmes فوق طائفة اللافكيات حيث نجد انه لايحدث اى درجة من درجات التنظيم فى هذه الاسماك للضغط الاسموزى حيئذ نجد ان كل اسماك Hagfishes من الانواع البحرية وكلها لها القدرة على تحمل مدى ضيق من الملوحة لذلك نجد انه فى اسماك الـ Hagfish يكون تركيز الاملاح الكلية فى سوائل جسمها مشابهة تماما لتركيزها فى مياه البحر وهى الفقاريات الوحيدة التى تتميز بتلك الخاصية (Schmidt-Nielsen, 1975) وبالتالى يمكن وصف تلك الاسماك بانها متماثلة الاسموزية مع الوسط المحيط اكثر من كونها منظمات للاسموزية (Osmocoufrmer) ايضا نجد ان تلك الاسماك لاتحتاج الى مقاومة تغييرات كبيرة فى الاسموزية الداخلية (جزئيات المواد الذائبة الكلية) حيث انها تعيش فقط فى البيئة البحرية ذات درجة الملوحة الثابتة.

كما هو موضح فى جدول (٤) نجد ان اسماك Hagfish تظهر بعض القدرات الفردية على تنظيم ايوان الصوديوم (Na^+).

جدول (٤) تركيز المواد الذائبة فى بلازما الدم بملى مول/لتر

Total Salt	Urea	K+	Ca+	Na+	Species
1152	-	11	5	549	Hagfish glutinosa)
270	-	3	2	120	Lampery (Lamperta fluviatilis)
1007	357	4	7	263	Dogfish (Sgualus acantuias)
-	-	3	2	198	Anglerfish (Lophius americanus)
-	-	2	4	312	Moray eel (Murena helena)
-	-	3	3	140	Bass (Micropterus dolomieu)
-	7	4	3	141	White fish (Caregonus clupoides)
-	-	10	20	450	Sea Water % g
1-10	-	1	1	1	Fresh water

الطريقة الثانية التى تستخدم فى تنظيم الاسموزية هى التى تحدث فى كل الاسماك البحرية صفيحية الخيشوم مثل معظم الفقاريات، نجد ان الاسماك صفيحية الخيشوم تحافظ على تركيز داخلى من الاملاح الغير عضوية يساوى حوالى ١/٣ تركيزها فى مياه البحر (جدول ٤) فى تلك الاسماك نجد ان الكميات الكبيرة من الاملاح العضوية (اساسا اليوريا ثم تراى ميثيل امين اوكسيد) فى الدم تؤدى الى رفع مستوى الاسموزية الكلية لتصل الى مستواها فى مياه البحر (جدول ٤) فى هذه الاسماك نجد ان الانسجة ووظائف الاعضاء تكون متاقلمة بصفة خاصة لتعمل فى

وجود مستويات عالية من اليوريا بينما نجد ان تلك التركيزات العالية من اليوريا تكون سامة للعظميات ، نجد ان اليوريا ضرورية لعمل انسجة الاسماك صفيحية الخيشوم البحرية.

بغض النظر عن تركيز الاملاح الكلى والذى يكون تقريبا مساوى لذلك فى مياه البحر نجد ان الاسماك صفيحية الخيشوم يكون لها قدرة ملحوظة على تنظيم تركيزات الايونات المفردة حيث نجد ان اسماك Latimeria) chalumuae) تستخدم هذه الخاصية بكفاءة الاسماك التى تستخدم اى من هاتين الطريقتين فى تنظيم اسموزية السوائل الداخلية بالجسم تكون قد حلت المشكلة الاساسية فى ميزان الماء، ينتشر الماء بسهولة تامة عبر الاغشية الرقيقة مثل الجلد، وخاصة تلك الاغشية الموجودة فى الخياشيم ونظرا لان تركيز الاملاح فى سوائل الجسم الداخلية فى تلك الاسماك يكون مشابهة لتلك فى البيئة التى تعيش فيها فاننا نجد ان دخول، خروج الماء بطريقة الانتشار السلبى تكون اقل مايمكن.

الطريقة الثالثة المستخدمة فى تنظيم اسموزية سوائل الجسم هى تلك التى نشاهدها فى الاسماك العظمية البحرية، حيث نجد ان تركيز الملح فى سوائل الجسم الداخلى تكون تقريبا ١/٣- التركيز الموجود فى الوسط المحيط (جدول ٤) لذلك يحدث مايعرف بـ Hyposmotically والميل الى فقد الماء باستمرار بواسطة الانتشار الى الوسط الاكثر ملوحة. هذه الاسماك العظمية تعمل باستمرار على استبدال الماء المفقود منها عن طريق شرب مياه البحر. ومن الطبيعى ان ينتج عن هذه العملية ايضا استهلاك كمية كبيرة من الاملاح وبالتالى يجب اخراجها بتركيز اعلى من معدل دخولها. لذلك نجد ان هناك خلايا خاصة فى النسيج الطلائى للخياشيم حيث تعمل على اخراج جزء كبير من الملح الزائد من خلال عملية الانتقال النشط. كذلك فقد وجد Schmidt-Nielsen, 1975 ان الكلى فى الاسماك العظمية لايمكنها انتاج بول اكثر ملوحة من الدم.

الطريقة الرابعة تطورت فى الاسماك العظمية المرباه فى المياه العذبة وفى الاسماك الصفيحية الخيشوم والتى تقوم بعملية رفع الضغط الاسموزى Hyposmotically، ونظرا لان سوائل الجسم الداخلية تكون اكثر تركيزا، ١/٣ تركيز الملح فى مياه البحر مقارنة بالبيئة الخارجية (جدول ٤) فانها تحصل على الماء باستمرار عن طريق الانتشار الماء الزائد بفرزه باستمرار عن طريق الكلى الجيدة المتطور فى صورة كمية كبيرة من البول المخفف (حتى ١/٣ وزن الجسم/يوم) [illegible] ان تنظيم عملية اخراج البول تتاثر بتغيرات [illegible] الدم والتى تحدث تحت تاثير هرمونات الغدة الدرقية (ارجنين فاسوتوسين) (Sawyer et al., 1976) بعض الاملاح تفقد حتما خلال البول وعن طريق الانتشار خلال انسجة الخياشيم بالرغم من ان بعض تلك المواد الذائبة يتم

استعواضها بتلك التى تدخل الجسم مع الغذاء فان معظمها تؤخذ عن طريق الخياشيم باستخدام ميكانيكة الانتقال النشط لذلك يجب ملاحظة فان عمليات دخول الملح التى تحتاج الى طاقة تحدث فى بعض الخلايا الخاصة بالخياشيم فى هذه الاسماك ايضا حيث، فيما عدا ان الايونات تدفع الى الداخل، تكون منفصلة عن العكس ذلك والذى يظهر بواسطة الاسماك العظمية فى اسماك Potamotrygon وهى من اسماك Stenohaline ذات المقدرة التاقلمية المحدودة التى تعيش فى المياه العذبة نجد انها تحتفظ بوسط داخلى يكون مشابهة بصورة ملفتة للنظر للوسط الداخلى للاسماك العظمية التى تعيش فى المياه العذبة مع عدم وجود يوريا.

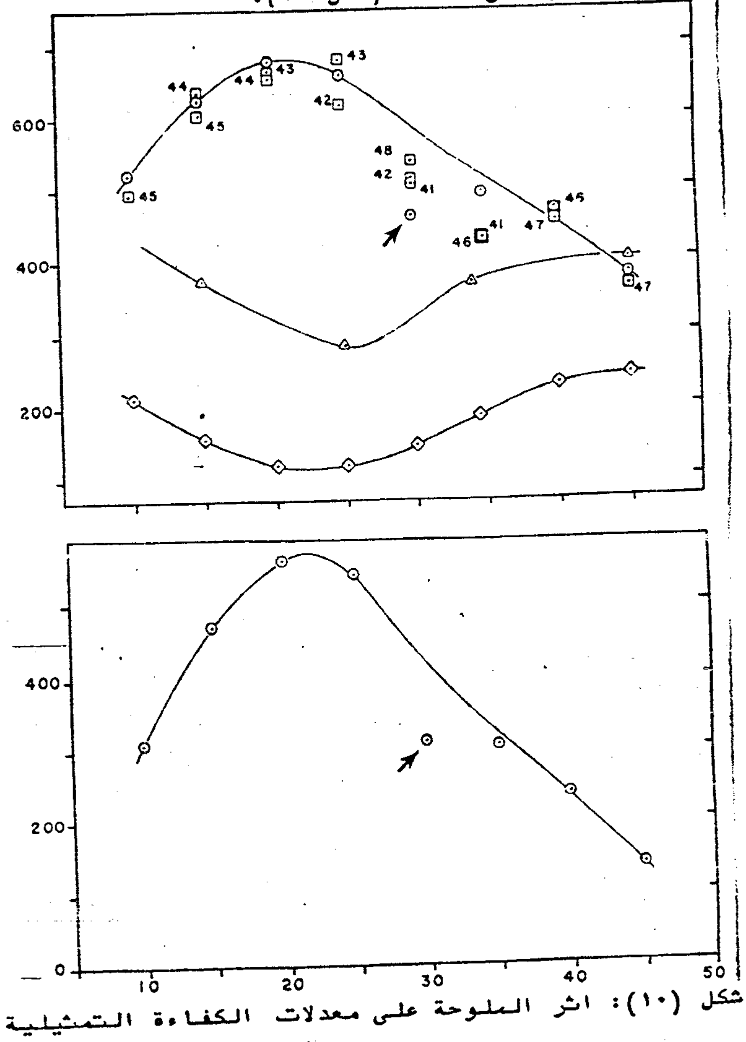
معظم الاسماك تكون ذات مقدرة تاقلمية محدودة Stenohaline حيث تقوم بتنظيم ميكانيكة الضغط الاسموزى بحيث يكون هناك اتزان بين الضغط الاسموزى لسوائل الجسم مع تركيز الاملاح الثابت نسبيا فى الوسط المحيط بها، الاسماك التى تتوالد فى البحر وتعيش فى المياه العذبة (Diadromous) مثل السالمون، الثعبان، والتى تنتقل من الماء العذب والمياه البحرية كجزء من اسلوب حياتها الدورى يجب ان تكون اكثر مقدرة على التاقلم خاصة فيما يتعلق بملوحة الوسط الذى تعيش فيه.

فى عام ١٩٣٢ قام Keys بنقل اسماك الثعبان (Anguilla) من البيئة العذبة الى بيئة اخرى بحرية ثم قام بقياس كمية الماء المفقوده من الجسم بواسطة الضغط الاسموزى ووجد انها تساوى ٤٪ من وزن الجسم الكلى خلال ١٠ ساعات، كما وجد ان الفقد فى وزن الجسم يقل بمجرد بدء اسماك الثعبان فى شرب مياه البحر واننا نحتاج الى حوالى ١ - ٢ يوم حتى يمكن العودة الى حالة الاتزان مرة اخرى، كذلك فقد وجد عند وضع بالون منتفخ فى مرىء اسماك الثعبان لمنع تناول مياه البحر، ان الفقد فى وزن الجسم يستمر حتى يموت الحيوان نتيجة للجفاف. نقل اسماك الثعبان من الماء المالح الى المياه العذبة ينتبه زيادة وزن الجسم نتيجة للانتقال السلبى للماء تصل الاسماك الى حالة الاتزان مرة اخرى بعد (١-٢ يوم عندما يزيد انتاج البول للتخلص من الماء الزائد.

بغض النظر عن نوعية الاسماك هل هى diadromous (اسماك مياه العذبة او اسماك بحرية) نجد ان عملية التنظيم الاسموزى عادة ما تحتاج الى طاقة حتى يمكن للسمكة الاستمرار فى المياه بالتالى نجد ان معدلات النمو فى الاسماك غالبا ماتتاثر بكمية الطاقة التى يتم فقدها فى عملية التنظيم الاسموزى على سبيل المثال قام Brockens and Cole, (1971) بقياس كمية الغذاء المستهلك والممتص وكذلك النمو، كمية الاكسجين المستهلك فى العديد من الاسماك والماخوذة من بحر سالتون بكاليفورنيا؛ عند درجات ملوحة ٢٩، ٣٣، ٣٧، ٤١، ٤٥ جزء فى الالف وجد

ان اسماك Juuenile bairdiella تنمو اكثر كفاءة عندما تكون درجة الملوحة ٣٧ جزء فى الالف ودرجة ٢٥ م. فى مقابل ذلك فاننا نحتاج الى كمية اكبر من الغذاء عند كلا من درجات الملوحة الاعلى والاقل من ناحية اخرى فقد اظهرت اسماك Anisotremus davidsani افضل كفاءة تحويلية للغذاء عند درجة ملوحة ٣٣ جزء فى الالف اما فى اسماك Cynoscion فقد كانت افضل كفاءة للامتصاص عند درجة ملوحة ٣٧ جزء فى الالف.

كذلك فقد اوضح Wohlschlag and Wakeman, 1978 اننا نصل الى اعلى معدلات الكفاءة التمثيلية فى اسماك Cynuscion nebulosus عندما تكون درجة الملوحة ٢٠ جزء فى الالف (شكل ١٠).



شكل (١٠): اثر الملوحة على معدلات الكفاءة التمثيلية

التنظيم الايونى Osmoregulation:

من الملاحظ اننا نحتاج الى الطاقة فى تنظيم مستوى المواد الغذائية فى الدم حتى فى الحالات التى يكون فيها التركيز الاسموزى للدم قريبا منه لمياه البحر حيث ان تركيزات الايونات المفردة سوف تختلف مابين السوائل الموجودة فى الجسم والوسط الخارجى، للحصول على افضل محتوى ايونى فاننا نحتاج الى اداء العديد منه العمليات التى تحتاج طاقة او هذه العمليات بالاضافة الى نوعية الاعضاء المشتركة فيها تختلف بصورةواضحة بين الاسماك بوجه عام يمكن تقسيم الاسماك من حيث طريقتها فى التنظيم الايونى الى ٥ مجموعات اساسية:

الاسماك صفيحية الخيشوم - اسماك المياه المالحة العظمية - الاسماك ذات المقدرة الكبيرة على التاقلم للملوحة - اسماك المياه العذبة العظمية Agnathans.

يلاحظ ان اسماك Lamprey يكون لها ميكانيكة تنظيم تركيز الايونات فى الجسم مشابهة لتلك فى الاسماك العظمية وبعكس ذلك نجد ان اسماك Hagfish لاتكون فقط متساوية الاسموزية مع مياه البحر ولكنها تمتلك ايضا تركيب ايونى مشابهة لذلك مع مياه البحر وان كان قد يوجد بعض الاختلافات، على سبيل المثال وجد فى اسماك Myxine glutisa ان تركيز الصوديوم يكون لحد ما اكبر منه فى مياه البحر (جدول ٤) انخفاض تركيز الصوديوم فى المادة اللزجة التى تغطى جسمها قد تساعد فى المحافظة تركيز صوديوم البلازما حيث لم يجد McFarland and Munz, (1965) اى دلائل على الانتقال النشط للصوديوم عبر القناة الهضمية، الخياشيم، الجلد، الايونات الثنائية التكافؤ كالسيوم، كبريتات مغنسيوم جميعها توجد بتركيزات منخفضة فى اسماك Hagfish مقارنة بمياه البحر بالرغم من ان ايونات مغ ++، بو +، كب ٤--، فو ٤- تفرز فى المواد المترشحة خلال Glomerular بعد الترشيح الكلى فى الكلية بواسطة خلايا قناه mesonphrin الانابيب الاخراجيةالمتوسطة وتظهر فى البول تركيزات عالية مقارنة بالبلازما Munz and McFarland, 1964 اكثر من ذلك نجد ان المادة اللزجة المحيطة بالجسم تحتوى على تركيزات عالية من كا++ ، مغ ++، بو+.

الاسماك صفيحية الخيشوم:

بينما نجد ان احتجاز اليوريا والمركبات الاخرى تقدم حل كفء لمشكلة اتزان الماء فى اسماك القرش واشباها بانها تظل فى حاجة الى اخراج الزيادة من ص+ وكل الذى تناولته افراز هذه الايونات هو فى

الحقيقة الوظيفة الاساسية لغدة المستقيم والتى توجد فقط الاسماك مفيحية الخيشوم.

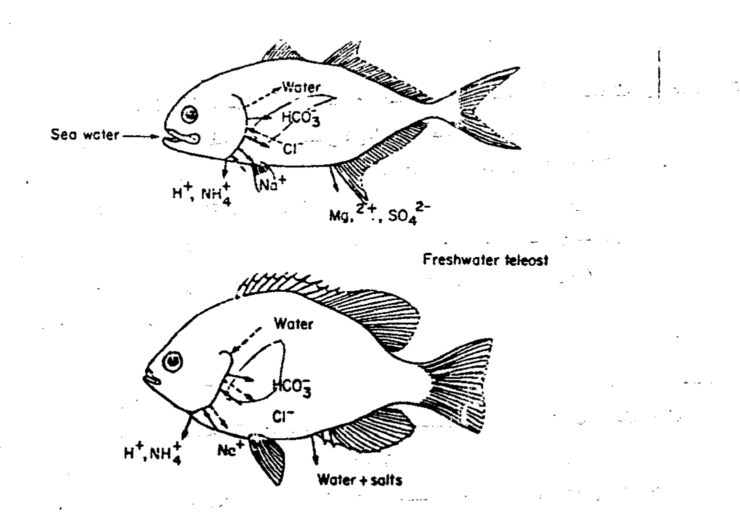
حيث نجد ان غدة المستقيم تقوم بافراز سوائل تحتوى على تركيزات من ص، كل مساوية تقريبا لتركيزها فى مياه البحر، اوضعف الكمية الموجودة فى البلازما، Silba, 1977 فى اسماك Squalus acanthias وجد ان افرازات غدة المستقيم يمكن ان تحدث عن طريق الحقن بمحلول عالى الاسموزية من ص كل داخل تيار الدم (Burger, 1962) كما ان نزع غدة المستقيم يحدث زيادة ثابتة فى تركيز الصوديوم (ص+) فى البلازما Forrest et al., 1973.

كذلك فقد اوضح (Silba, 1977) ان معدل افراز ايون الكلوريد (كل) الى تجويف لغدد المستقيم فى اسماك Dogfish تعتمد على تركيز الصوديوم (ص+)، ايضا افترض هؤلاء الباحثون ان حركة ايونات الصوديوم والكلور من الدم (او انتشارها) خلال الجدار العزى الى التجويف ينتج من خلال عمليتى الانتقال النشط "Sodium pumps" والتى تساعد بواسطة انزيم خاص يعرف بـNa+-K+-dependent ATPase القوى الكهربية التى تحدث حركة لهذه الايونات المشحونة حتى يحدث الاتزان الكهربى.

اهمية افراز غدة المستقيم فى الاسماك مفيحية الخيشوم (افراز ص+كل) ايضا ظهرت من خلال الانخفاض فى التطور فى مقدرة الاسماك مفيحية الخيشوم على التاقلم مع المياه العذبة.

الاسماك العظمية البحرية:

من الملاحظ ان تركيز الايونات الكلى فى بلازما الدم للاسماك البحرية العظمية حوالى ١/٣ تركيزها فى مياه البحر نظرا لان معظم الايونات التى تحتاجها الاسماك تتواجد بكمية زائدة فى البيئة المحيطة فان الطريقة الاساسية المستخدمة بواسطة الاسماك البحرية للمحافظة على الميزان الايونى هى الافراز الاختيارى Selective excnetion خاصة ايونات ص+، كل (شكل ١١) نظرا لان الخياشيم تتميز بخاصية نفاذية اختيارية عالية نسبيا للايونات الاحادية التكافؤ فان ايونات ص+، كل تنتقل سلبيا من مياه البحر الى البلازما بالاضافة الى ذلك نجد انه عند تناول مياه البحر لتعويض الماء الذى انتشر الى البيئة الخارجية، فان الايونات الاحادية التكافؤ، بالاضافة الى الماء يتم امتصاصها فى الامعاء من الملاحظ ايضا ان الكلى الموجودة فى الاسماك العظمية تلعب دور بسيط فى افراز هذه الايونات.

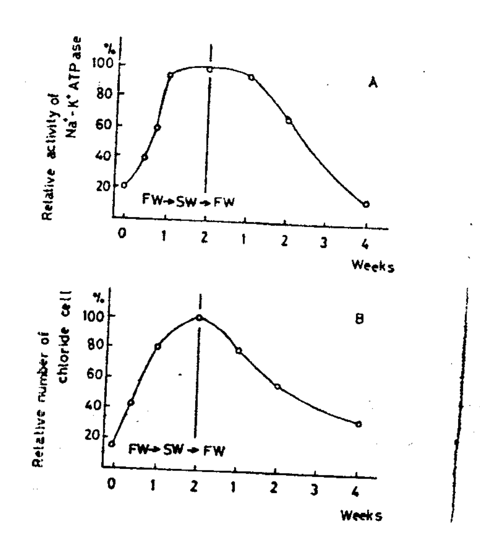


شكل (١١)

نظرا لعدم قدرتها على انتاج بول اكثر تركيزا من الدم فى الواقع نجد ان العديد من الاسماك العظمية البحرية مثل Porichthys notatus (Opsanustan) لها كلى لتقلل من فقد الماء وذلك بدلا من الخلايا الخاصة الكبيرة الموجودة فى الخياشيم والتى تعمل على نقل الايونات الاحادية الزائدة بالانتقال النشط ثانية الى البيئة الخارجية وفى عام ١٩٧٦ وصف Catlett and Millich هذه الخلايا الكلوريدية بانها اكبر من الخلايا المسطحة للخياشيم المتخصصة فى عمليات تبادل غازات التنفس. اكثر من ذلك نجد ان الخلايا الكلوريدية تتميز بكثرة وجود الميتاكوندريا التى توفر الطاقة مما يؤدى الى التطور الغير عادى Cytopasmic microtubules والتى تحتوى على نظام الانزيمى Na+-K+-ATPase والذى وجد ايضا فى النسيج الافرازى لغدة المستقيم للاسماك صفيحية الخيشوم.

فى عام (١٩٧٣) وجد Utida and Hirano ان كلا من تركيز انزيم NA+-K+-ATPase وعدد الخلايا الكلوريدية يزداد بزيادة ملوحة البيئة وذلك فى خياشيم اسماك (Anguilla Japonica) شكل ١٢.

بينما نجد ان الخياشيم تعتبر هى الجزء الاساسى لافراز ايونات الاحادية التكافؤ نجد ان الكلى تعمل ايضا فى التخلص من الايونات الثنائية التكافؤ الزائدة مثل مع ++، كبريتات حيث يلاحظ ان مثل تلك الايونات توجد بكميات صغيرة وبالتالى لاتظهر نفس المشكلات التى تظهرها وجود الايونات الاحادية التكافؤ بوفرة.



شكل ١٢ التغييرات فى نشاط انزيم Na++-K+-ATPase وكذلك عدد الخلايا الكلوريدية نتيجة لنقل الاسماك من المياه العذبة الى المياه المالحة والعكس بالعكس.

يبقى بعد ذلك العديد من الامور التى يجب ان تؤخذ فى الاعتبار خاصة مايتعلق التداخلات الهرمونية الاكثر تعقيدا مثل تاثيرات الكورتيزول على الانتقال الايونى والنفاذية فى الخياشيم او الكلى نسيج جدار القناة الهضمية.

Euryhaline teleoste

من الملاحظ ان دراسة الاسماك العظمية Euryhaline يمكن ان تعطينا معلومات هامة عن طرق وتكاليف الطاقة المستخدمة فى التنظيم الايونى، نظرا لان تلك الاسماك غالبا ماتتحمل التغييرات المفاجئة فى الوسط الخارجى الذى تعيش فيه يمكن تقسيم اشكال الـ Euryhaline الى مجموعتين:

الاولى: اسماك الاعماق الشاطئية Estuarine and inertidal inhabitant والتى تعانى من التغييرات المستمرة فى الملوحة الخارجية الناتجة عن موجات المد والجزر بالاضافة الى الرياح والعواصف، الاختلافات فى معدل تدفق الماء. الثانية Diadromous species والتى تقضى جزء من دورة حياتها فى الماء العذب وجزء اخر فى الماء المالح.

على سبيل المثال فقد قام (Evans, 1967) بدراسة على اسماك (Xiphister atropurpureus) والتى تتميز بثبات مستويات الصوديوم والكلوريد عندما نوضع الافراد فى تخفيفات مختلفة من مياه البحر حتى تخفيف ٣١٪ مياه بحر حيث وجد ان تركيز ص+ ، كل يقل حوالى ١٥٪ بعد نقل الاسماك الى بيئات تتراوح فيها درجة الملوحة بين ١٠٪، ٣١٪ من مياه البحر كما لوحظ ان درجة الملوحة الاقل من ١٠٪ من مياه البحر لم تكن فى المدى الممكن احتماله وقد يعزى ذلك الى عدم مقدرة تلك الاسماك على خفض مقدار الفقد فى كل عن طريق الانتشار، الاسموزى.

كذلك فقد اوضح Towle et al. (1977) ان هناك تغييرات فى نشاط انزيم Na+-K+-ATPase الموجود فى خياشيم اسماك Fundulus heteroclitus والموجودة فى بيئات مختلفة الملوحة كما هو الحال فى اسماك الثعبان اليابانى غير ان تركيز Na+-K+-ATPase تكون عالية عند درجة ملوحة ٣٠ جزء فى الالف مقارنة بتركيز ١٦ جزء فى الالف بالرغم من انه قد لوحظ ان هناك نشاط انزيمى متوسط مرتبطة بتاقلم هذه الاسماك للمياه العذبة.

من الواضح ان نفس الانزيمات قد تعمل على امتصاص Na+ عند درجات الملوحة المنخفضة وافراز الـ Na+ عند درجات الملوحة العالية.

فى اسماك diadromous نجد ان التغييرات فى مقدرتها على التنظيم الايونى تكون مرتبطة تماما بالتغيرات الوراثية.

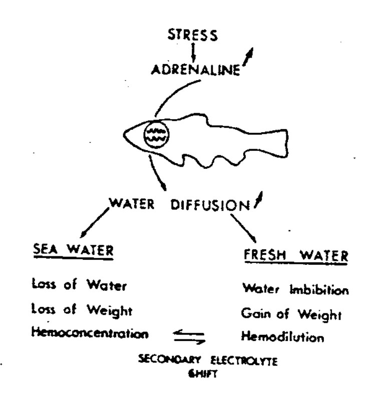
فى معظم اسماك عائلة السالمون Salmonids نجد ان مقدرتها على احتمال البيئة المالحة البحرية تحدث فى الربيع قبل قيامها بالهجرة نحو مياه البحر لوضع البيض فى اسماك Silvrey Smolts فى عام ١٩٧٦ اوضح Hoar انه بالرغم ان هناك حجم حرج لمقدرة الاسماك على تحمل مياه البحر المالحة فان طول فترة الاضاءة خلال الربيع تعتبر اهم العناصر فى توقيت حدوث هذه التغييرات ، كذلك فمن المحتمل ان هرمونات الغدة النخامية (برولاكتين) تشترك ايضا فى هذه العملية فقد وجد ان الانسجة المنتجة لهرمون البرولاكتين فى الفص الامامى للغدة النخامية كانت اكثر نشاطا عندما كانت اسماك السالمون (التى تربى فى منطقة الباسفيكى) موجودة فى المياه العذبة.

الدراسات التى اجريت على الانواع الاخرى بالاضافة الى اسماك السالمون اوضحت ايضا دور هرمون البرولاكتين فى منع انتشار ايونات الصوديوم Na+ وفقده فى اسماك المياه العذبة المتاقلمة وايضا فى خفض الزيادة فى فقد ايونات الصوديوم عن طريق الضغط الاسموزى الى اقل حد ممكن كما يحدث فى اسماك Euryhaline farms التى تنتقل من مياه البحر

الى المياه العذبة على سبيل المثال وجد ان ازالة الفص الامامى للغدة النخامية (حيث يتم تخليق هرمون البرولاكتين) من اسماك المياه العذبة الماقلمة Mummichogs تنبه انخفاض واضح فى محتوى بلازما الدم من الاليكتروليتات مقارنة بـ Operated controls- Maetz et al.(1967) قواعد التنظيم الايونى تحت تاثير هرمون البرولاكتين فى الاسماك ايضا ارتبطت بتنبيه عدد ونشاط الخلايا المخاطية بالجلد فى اسماك Cichlasama biocellatum وبالعديد من التغييرات الفسيولوجية والمورفولوجية فى الكلى والمثانة البولية فى العديد من الاجناس (Ensor and Ball, 1972) الاثارة، الاجهاد نتيجة كثرة التناول ، النشاط يؤدى الى زيادة افرازات الادرينالين والذى يؤثر على نفاذية الماء خلال النسيج الطلائى للخياشيم فى الاسماك Mazeaud et al., 1977 لذلك فان الاجهاد سوف يؤدى الى فقد الماء فى الاسماك البحرية وزيادة الماء فى اسماك المياه العذبة عن طريق زيادة معدلات انتشار الماء (شكل ١٣)، على سبيل المثال وجد Pic et al., 1974 باستخدام ماء معلم بالتربتيوم ان معدلات انتشار الماء ازدادت حوالى ١٠٠٪ بعد حقن اسماك Magil Capito الماقلمة لكل من المياه المالحة والمياه العذبة بهرمون epinephrine تدريب اسماك Tilapia nilotica الماقلمة للمياه المالحة اوضح زيادة فى اسموزية بلازما الدم (كنتيجة لفقد الماء) نفس تلك الاسماك اوضحت انخفاض فى اسموزية الدم (نتيجة لزيادة استهلاك الماء) بالتدريب بعد تاقلمها للمياه العذبة (Facmer and Beamish, 1969). وهذه المسائل المتعلقة بالاسموزية تكون شديدة خاصة فى المزارع السمكية حيث تجهد الاسماك نتيجة لعمليات مسك وتناول والنقل بصفة مستمرة لذلك فقد استخدمت طريقة نقل اسماك المياه العذبة فى محاليل ملحية مشابهة فى اسموزيتها لاسموزية الدم كوسيلة لخفض نسبة الوفيات الناتجة عن التناول والمسك بسبب التغييرات فى النفاذية.

من الواضح ان نفاذية الخياشيم للايونات فى اجناس عديدة تتاثر ايضا بتركيز الكالسيوم فى الدم هذا وقد امكن تحديد مكان وطريقة عمل ايونات الكالسيوم ++Ca فى الغشاء وقد وجد Potts and Fleming, 1971 ان تدفق الصوديوم من اسماك (Fundulus kansae) فى المياه العذبة انخفض بـ ٥٠٪ عند اضافة ١ ملى مول من الكالسيوم للماء.

الكالسيوم يؤدى ايضا الى خفض نفاذية الصوديوم +Na خلال النسيج الطلائى الخيشومى فى السمك فى المياه المالحة، كما يحدث فى اسماك Anguilla، Cuthbert and Maetz ١٩٧٢ فى عام ١٩٧٦ اوضح Carridunard and Evanss ان اسماك Lergodon rhomboides تتحمل المياه العذبة (التى تحتوى على ٥ ملى مول صوديوم) اذا وجد ايضا بها ١٠ مليمول من الكالسيوم، وان نقل هذه الاسماك الى مياه عذبة خالية من الكالسيوم



شكل ١٣ يوضح تفسير بعض التاثيرات الاجهادية على تنظيم ميزان الاسموزية.

ينتبه تدفق ايونات بصورة كبيرة اسماك الـ Pin fish التى تترك فى المياه العذبة الخالية من الكالسيوم لمدة ٢٫٥ ساعة تموت حيث يحتوى اجسام تلك الاسماك على اقل من ٥٠٪ من تركيز الصوديوم فى الجسم مقارنة بالاسماك الماقلمة على مياه البحر المضاف اليها الكالسيوم هذه النتائج تساعدنا فى تفسير الملاحظة التى وجدها Breder, 1934 من وجود العديد من اجناس الاسماك البحرية تعيش فى بحيرات مياه عذبة فى جزر انروس بالباهاما، عند تحليل مياه تلك البحيرات وجد انها تحتوى على تركيز عالى غير عادى من الكالسيوم (١ مليمول ٠٫١ مليمول)

Fresh water teleosts

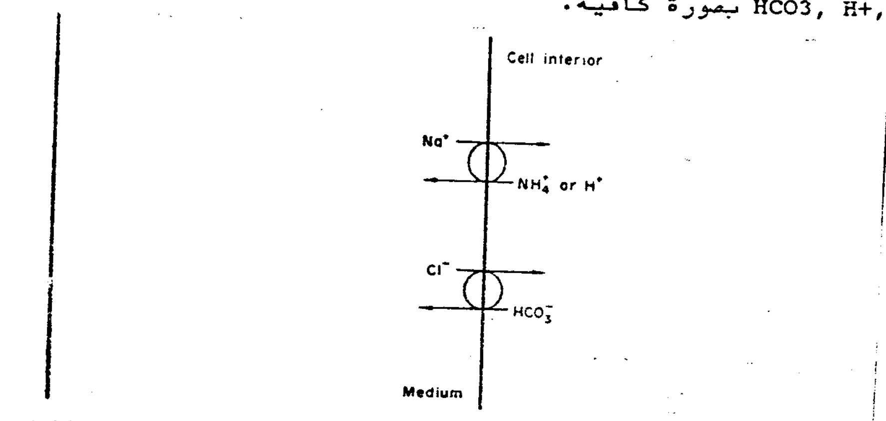
ارتفاع اسموزية السوائل الموجودة داخل اجسام اسماك المياه العذبة العظمية يؤدى الى ان الايونات الصغيرة مثل ص+، كل تفقد بصفة مستمرة الى البيئة المحيطة عن طريق الانتشار خلال النسيج الطلائى الرفيع للخياشيم (شكل ١٣) ايضا نجد ان المواد الذائبة تفقد باستمرار فى كمية البول الكبيرة المخففة التى تنتج للتخلص من كميات الماء الكبيرة التى تنتج للتخلص من كميات الماء الكبيرة التى تدخل الجسم/ بالانتشار الاسموزى عبر الخياشيم.

بالرغم من ان بعض الاملاح تحصل عليها الاسماك مرة اخرى عن طريق الطعام فان معظم الاحتياجات من الـ ص ، كل المطلوبة لاحداث الاتزان مرة اخرى فى تركيز ايونات الجسم يتم الحصول عليها عن طريق الانتقال النشط عبر الخياشيم من خلال العمل الاول لكل من Maetz and Garcia Romeu (1964) and Korgu (1939) يمكن وصف طريقة التبادل الايونى عبر الخياشيم فى الاسماك العظمية التى تعيش فى المياه العذبة (شكل ١٤) ميكانيكية التبادل الايونى هذه تخدم العديد من الوظائف بجانب المحافظة على ايونات الصوديوم والشكور داخل جسم السمكة تبادل ايونات الصوديوم بايونات NH+4 يخلص الاسماك بصورة جيدة من المنتج الاساسى لهدم البروتين فى الجسم بالتالى فان حقن اسماك المياه العذبة NH+4 يؤدى الى تنبيه تدفق ايونات الصوديوم Maetz and Garcia Romeu, 1964 استبدال كلا من Na+, H+, Ci-, HCO3- يعمل على المحافظة على الاتزان الحامضى القلوى الداخلى.

من ذلك نجد ان هناك نظامين فقط للتبادل الايونى توفر:

١) المحافظة على ايونات الصوديوم الداخلية.
٢) المحافظة على ايونات الكلور.
٣) التخلص من NH3 السامة.
٤) التخلص من CO2 الناتج عن عمليات التمثيل الغذائى (فى صورة HCO3).
٥) ضبط مستوى ايونات OH, H داخل الجسم.
٦) المحافظة على الميزان الايونى الكهربى.

يبدو ان الحصول على ايونات الصوديوم والكلور عن طريق الانتقال النشط بالاضافة الى الانتشار الاسموزى) قد يكون ضرورى للتخلص من HCO3, H+, NH+4 بصورة كافية.



شكل (١٤) يوضح نظام التبادل الايونى عند السطح الخارجى للخلايا الناقلة.

مقاومة التجمد Antifreezing:

نظرا لان سوائل الجسم اما ان تكون عالية الاسموزية، متساوية فى اسموزيتها مع الوسط المحيط بها فان اسماك Hagfish الاسماك البحرية صفيحية الخيشوم، اسماك المياه العذبة العظيمة لاتكون عرضه للتجمد طالما ان البيئة التى تعيش فيها تظل غير متجمده بالرغم من ذلك فنظرا لان البحار تحتوى على تركيز عالى من الاملاح مقارنة بتركيزها فى سوائل الجسم، وبالتالى درجة تجمد اقل، فاننا نجد ان الاسماك العظيمة البحرية يمكن ان تتجمد حتى الموت على الرغم من وجود الماء المحيط بها فى صورة سائلة لمع ذلك يلاحظ ان اجسام العديد من الاسماك العظمية التى تعيش فى البحار باردة الماء تحتوى اجسامها على مكونات مضادة للتجمد ذات وزن جزئى كبير (جليكوبروتين) البروتينات والتى توجد فى بلازما الدم يظهر ان مجموعات الهيدروكسيل فى جزئيات الجليوكوبروتين ترتبط بجزئيات الاكسجين الموجودة على سطح بلورات الثلج المتكونة فى الدم، وبالتالى تعمل على تغطيتها بالمواد المقاومة للتجمد مما يؤدى الى منع تلك البلورات من الزيادة فى الحجم.

تعتبر الـ Aglomerulac kidney جزء هام فى نظام مقاومة التجمد وذلك فى الاسماك التى تعيش فى منطقة القطب الجنوبى، نظرا لان الجليكوبروتين يحتفظ بها الجسم ولايتم تصفيتها خارج الجسم، اكثر من ذلك نجد الطاقة غير مطلوبة لاعادة امتصاص الجليكوبروتينات مما يؤدى الى انخفاض احتياجات الطاقة المطلوبة للتنظيم الاسموزى اثناء درجات الحرارة المنخفضة فى هذه الافراد Dobbs et al., 1974 فى عام ١٩٧٤ وجد Duman and Deuries ان هناك تغييرات موسمية فى نقطة تجمد سيرم الدم لاسماك Pseudopleuronectes americanus حيث وجد ان نقطة تجمد السيرم تتراوح بين (-٦٩ر٠) فى الصيف (حيث تكون درجة حرارة الماء ١٧ م) ال (-٤٧ر١م) فى الشتاء (حيث تكون درجة حرارة الماء ٢ر١م)، انتاج المواد المضادة للتجمد (macromolecular) تمكن هذه الاجناس من خفض نقطة تجمد سيرم الدم بدرجة كافية اثناء الشهور الباردة كذلك فقد وجد ان التاقلم لدرجات الحرارة الباردة فقط ينبه انتاج مضادات التجمد فى العديد من اسماك Nova Scotian.

وجد اننا نحتاج الى كلا من درجات الحرارة الدافئة وفترات الاضاءة الطويلة للتخلص كلية من مضادات التجمد ولمدة ٣ - ٥ اسبوع، كذلك فمن الدراسات التى اجريت على اسماك Anaplarchus puppurescens المأخوذه من مياه الالسكا الباردة وجد ان هناك اختلافات وراثية بين العشائر فى مقدرتها على انتاج مضادات التجمد عند الاقلمة للماء البارد وجد ان افراد الـ Alaskanm تكون قادرة على انتاج المركبات

ـضادة للتجمد بينما لم تستطيع ذلك عشيرة الـ Gaifornian
.Duman and Deuries, 19

ـان الحموضة والقلوية Acid-Base Balance:

ـمن المعروف ان التحكم فى درجة الحموضة والقلوية الداخلية خلال
ـى محدد يعتبر من الامور الهامة للحياة فى الاسماك وقد اوضح Howel
et al, 19 ان المحافظة على درجة PH ثابتة تعتبر من الامور الحرجة
الحيوانات بالرغم من ان ثابت التاين للماء (KW) يتغير بدرجة
ـبيرة بتغير درجة الحرارة، وبالتالى درجة PH التى يصبح عندها الماء
ـصورة متعادلة فى الاسماك ectotherms نجد ان درجة PH OH تنظيم
التوازن مع الدرجة الطبيعية للماء وذلك فوق درجة حرارة٣٠ م لذلك
ـجد ان هذه ectotherm تعمل اساسا على تنظيم نسبة ايونات H+ OH-
ـقلوية النسبية) بدلا من تنظيم درجة الـ PH.

فى عام (١٩٧٠) اقترح Albers ان القلوية النسبية الداخلية يتم
ـتحكم فيها عن طريق تهوية الخياشيم gillventilation بدرجة كبيرة
ـما فى الشديات حيث يحدث تهوية زائدة (خروج) من الرئتين هذا
ـفتراض كان ملفت نظر لان حجم التهوية ظهر انه عالى المرونة فى
ـماك عديدة وايضا لان CO2 ايضا يذوب فى الماء.

فى عام (١٩٧٣) اوضح Randall and Cameron ان الاختلافات فى التهوية
ـلعب دور صغيرا وقد لاتلعب اى دور فى التنظيم الحمضى القاعدى فى
ـماك Rambow trout من المعروف الان ان السمكة تحافظ على القلوية
ـنسبية للسوائل الموجودة خارج خلايا عن طريق خبط نظام
ـتزان-البيكربونيتى مما يؤدى الى اختلاف معدل سريان ماء التهوية
ـبعا لاحتياجات الجسم من الاكسجين.

ـمن الملاحظ ان CO2 الذائب فى المحاليل المائية يكون تبعا
ـمعادلة الاتية:

$$CO_2 + H_2O --- H_2CO_3$$

$$H_2CO_2 ---- H^+ = HCO^-$$

ـامض الكربونيك المتكون بتاين تبعا لـ

$$H_2CO_2 --------- H^+ + HCO_3$$

نظرا لان CO_2 ينتج فى الانسجة كنتيجة للاكسدة اثناء عملية التمثيل الغذائى فانه ينتشر خلال جزء الشعيرات الى البلازما. جزء من CO_2 يذوب فى البلازما جزء من ثانى اكسيد الكربون بالبلازما يدفع حالة الاتزان الموجودة فى المعادلة السابقة الى الجهة اليمنى حيث يتكون ببطىء الـ HCO_3 مما يؤدى الى خفض درجة PH الدم (كنتيجة لزيادة تركيز ايونات الهيدروجين).

جزء اخر من CO_2 ينتشر عبر اغشية كرات الدم الحمراء حيث يرتبط جزء منه مع الهيموجلوبين مكونا مادة Carbaminohemoglobin نظرا لان معظم الهيموجلوبين قد يكون فى حالة مختزلة deoxygenated فان سعة الهيموجلوبين للارتباط بثانى اكسيد الكربون تكون عالية نسبيا. معظم CO_2 فى خلايا كرات الدم الحمراء يتهدرج بسرعة الى H_2CO_2 بواسطة انزيم carbonic anhygrase حيث يتاين H_2CO_3 بسرعة الى $H+HCO_3$ هذه التفاعلات تحدث نظرا لان ايونات HCO تستهلك بنفس سرعة تكوينها.

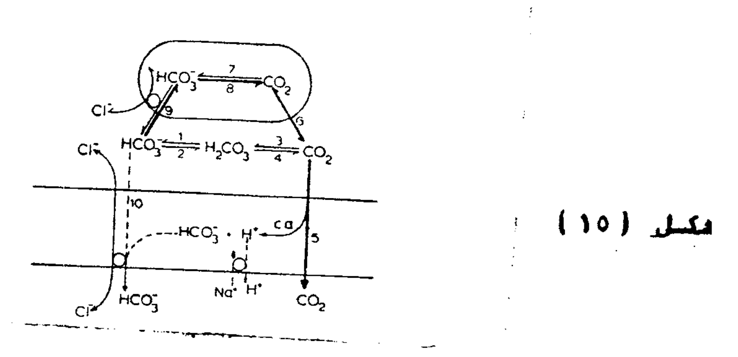
نظرا لان مستوى HCO_3^- فى البلازما يكون اكثر انخفاضا فى غياب المساعدة الانزيمية نجد ان ال HCO_3 الزائدة الناتجة فى كرات الدم الحمراء تنتشر الى البلازما ممايؤدى الى ثبات الاتزان البيكربوينتى عبر غشاء كرات الدم الحمراء.

نظرا لان ايونات الهيدروجين (HH) الناتجة فى خلايا الدم الحمراء ترتبط بالهيموجلوبين (مما يؤدى الى معادلة الشحنة السالبة للهيموجلوبين) وان العديد من الـ HCO_3 تنتشر الى البلازما نجد ان كرات الدم الحمراء تصبح مشحونة بشحنة موجبة اكثر من البلازما.

ونظرا لان الايونات الموجبة الشحنة لاتنتقل بسهولة عبر جدار كرات الدم الحمراء فان ايونات الكلور تنتشر الى كرات الدم الحمراء لتخفف من حالة عدم الاتزان الكهربى.

فى حالة (١٩٧٨) اوضح Cameron هذا التغير فى الكلوريدى فى كرات الدم الحمراء فى اسماك (Lutjanus aya) البحرية وفى اسماك Rambow trout التى تربى فى المياه العذبة هذا التغير الكلوريدى Choride shift يؤدى الى انتقال الجزئيات الاكثر نشاطا من الناحية الاسموزية (ايونات) Cl^- منه بلازما الدم الى كرات الدم الحمراء لذلك نجد ان الماء يدخل الى كرات الدم الحمراء مع ايونات الكلوريد، محدثا الاتزان الاسموزى نتيجة لذلك نجد ان كرات الدم الحمراء تصبح منتفخة بعض الشىء كما يزيد قياس الهيماتوكريت (حجم كرات الدم الحمراء) فى الدم الوريدى ب ٢ - ٣٪ مقارنة بالدم الشريانى فى نفس السمكة (Stevens, 1968).

ونظرا لان الدم الوريدى يدخل الخياشيم فان ٩٠٪ من ثانى اكسيد
ـربون الكلى يكون فى صورة بيكربونات البلازما المعادلات المشروحة
ـقا تعمل فى الاتجاه العكسى لتمرر غاز CO_2 الذائب الى البيئة
ـحيطة شكل (١٥) كما ان وجود انزيم Carbonic Anhydrase فى الخلايا
لائية للخياشيم ينبه بسرعة عمليه تبادل HCO3/Cl والمشروحة سابقا
قسم التنظيم الايونى عملية التغير الكلوريدى التى تحدث فى غشاء
خياشيم يكمل كلا من افراز CO_2 فى صورة HCO_3 واستهلاك CL Cameron
١٩ من المشكلات الخاصة بالاسموزية والتى تواجه الاسماك فى المحافظة
ى ميزان الحموضة والقلوية هو كيفية معيشتها لفترة طويلة فى مياه
ـية الحموضة مثل البحيرات المتكونة من الامطار الحامضية.



شكل (١٥)

اظهرت اسماك Ranbow trout زيادات معنوية فى تركيز أيون
لهيدروجين وانخفاض فى كمية CO_2 الكلية بعد يومين من تعرضها لماء
ات درجة PH اوضح Neville ان الارتفاعات التعويضية فى تركيز
لهيموجلوبيولية عوضت بوضوح النقد من خلال Root-Shifted فى سعة تحمل
لدم بالاكسجين المشكلة الاساسية الاخرى المتعلقة بالتربية فى بيئات
ـنخفضة فى درجة الـ PH هى الفقد الزائد لايونات الصوديوم من الجسم
ـن التصميم الذى وضعه Maetez and Garcia Romeu (١٩٦٤) للتبادل
لايونى (شكل ٦ -٥) يتضح ان التركيز العالى الخارجى من ايونات
لهيدروجين (H) سوف تثبط افراز H^+ الضرورية لدخول ايونات الصوديوم
.Na^+

الاخراج Execretion:

ينتج عن هدم الدهون والكربوهيدرات انتاج الماء ك ا، كنواتج
نهائية (مخلفات) الماء اما ان يحتفظ بها وتفرز، ينتشر للخارج تبعا

لدرجة ملوحة الوسط المحيط، اما ك ا، فانه يدخل فى نظام ميزان البيكربونات كما يخرج معظمه من خلال الخياشيم.

اما هدم البروتين فينتج عنه مواد نيتروجينية بالاضافة الى ك ٢١، فى الاسماك العظمية نجد ان هذه المخلفات النيتروجينية تكون على صورة امونيا ذات الاثر السام، لذلك فان الاسماك العظمية تعتبر اولا ammonioletic بغض النظر عن سمية الامونيا نجد ان لها العديد من المميزات مقارنة باليوريا، حامض اليوريك كنواتج اخراجية رئيسية لتمثيل البروتين.

١) صغر حجم جزء الامونيا بالاضافة الى ذوبانها العالى فى الدهن مما يؤدى الى سرعة انتشاره خلال الخياشيم.
٢) تتحول الامونيا المتانية +NH4 الى +Na فى الخياشيم للمحافظة على القلوية النسبية والاتزان الايونى الداخلى.
٣) تحول الامونيا الى حامض اليوريك، اليوريا يحتاج الى طاقة لذلك فعلى العكس من الحيوانات البرية نجد ان الاسماك تحتاج الى كمية اقل من الطاقة لتكمل عملية هدم المركبات النيتروجينية، وفى الاسماك العظمية نجد ان النواتج النهائية الناتجة عن هذه العملية تفرز بصورة كبيرة من الخياشيم مقارنة بالكلى، فعلى سبيل المثال نجد ان اسماك الكارب، (Carassins auratus) نجد ان كمية النيتروجين المفرز عن طريق الخياشيه تعادل من ٦ - ١٠ مرات الكمية المفرزة عن طريق الكلى.

وقد وجد ان ٩٠٪ من كمية النيتروجين الكلية المفرزة تكون فى صورة امونيا وان الـ ١٠٪ الباقية فقط تكون فى صورة يوريا.

فى الاسماك صفيحية الخيشوم نجد ان اليوريا تعتبر هى الناتج النهائى النيتروجينى الاساسى (اى هى من الانواع Ureotolic) كما هو معروف فان جزء كبير من اليوريا تحتجز فى اجسام تلك الاسماك لتعطى لسوائل الجسم درجة قريبة من الاسموزية مع الوسط المحيط، تقوم الاسماك صفيحية الخيشوم بتصفية اليوريا من بلازما الدم بواسطة وحدات الجلوميربول الموجودة فى الكلية لذلك فان جزء كبير من اليوريا يستعاد مرة اخرى من المترشح خلال عملية الانتقال النشط خلال انابيب الكلية بما يمنع الفقد الاساسى لليوريا فى البول.

الاسماك الرئوية والتى تستخدم كلا من المثانة الهوائية والخياشيم فى عملية التنفس وجد انها تعتمد على العمليات الكيميائية الحيوية التى تتم داخل الجسم بحيث يمكنها انتاج كلا من اليوريا والامونيا، فعلى سبيل المثال نجد ان هذه اسماك احيانا يمكنها تحمل الجفاف

شديد حيث تقوم ببناء غطاء واقى حولها (شرنقة) من المخاط وتنغمس
ى قاع الطين حيث تبقى كذلك حتى يعود الماء من جديد، هذا النوع من
لاسماك يكون من الاسماك المنتجة للامونيا اثناء وجود الماء اما فى
صل الصيف فانها تستكمل عملية انتاج اليوريا وتستمر حية عن طريق
تمثيل البروتين فى عضلاتها، وهذا التعديل يحدث نتيجة للتركيزات
لعالية من الانزيمات الضرورية لانتاج اليوريا فى انسجة الكبد.

الباب الثالث

الازاحة والتنظيم الحرارى: Buoyancy and thermal regulation

يوجد تشابه كبير فى الشكل الخارجى بين مثانة العوم (المثانة الهوائية) ذات النهاية المغلقة فى الاسماك العظمية وبين اعضاء التبادل الحرارى فى بعض اسماك المحيط الكبيرة النشطة وذلك من حيث استخدامها للتبادل الغازى فى الاولى والتبادل الحرارى فى الثانية عبر جدران الاوعية الدموية حيث تكون شبكات التبادل فى اتجاهين متضادين فى كلا الحالتين ولهذا فان هذا العامل المشترك يجعلنا نفم هذان المجالان (الازاحة والتبادل الحرارى) المختلفان فى الوظيفة فى فصل واحد.

الازاحة Buoyancy

تستعمل السمكة ظاهرة الازاحة المتعادلة (فقدان الوزن) لتقليل الطاقة التى تستخدمها فى البقاء على عمق معين للحصول على الغذاء أوالاختباء او التناسل او الهجرة كما هو معروف فان السمكة النشطة لكى تتقدم للامام اثناء تحركها فانها تبذل فى فترة قصيرة قوة اكبر من ٢٥٪ الى ٥٠٪ من وزن الجسم وعلى ذلك فان الجهود المبذولة بصورة مستمرة لامداد الجسم بالمجهود العضلى فقط سيستهلك كمية كبيرة من الطاقة ولهذا فالسمكة تستعمل وسائل مختلفة لتحقيق الازاحة المتعادلة وتنقسم هذه الوسائل اساسا الى اربعة وسائل.

١) احتواء الجسم على كمية كبيرة من المركبات ذات الكثافة المنخفضة.
٢) عند تحرك السمكة للامام تتولد قوة تعمل على رفعها لاعلى وذلك بواسطة شكل الجسم والزعانف المائلة على الجسم وسطح الجسم.
٣) اختزال الانسجة الثقيلة كالعظام والعضلات.
٤) احتواء الجسم على مثانة العوم التى تقلل الكثافة حيث تعمل كفراغ يحتوى على الغاز.

احتواء الجسم على مركبات ذات كثافة منخفضة لتقليل الكثافة الكلية للجسم وسيلة مميزة لمعظم اسماك القرش وقليل من الاسماك العظمية حيث يوجد فى كثير من اسماك القرش كميات كبيرة من الليبيدات (وزنها النوعى ن ٩٠ر-٩٢ر) وبعض الهيدروكربونات (وزنها النوعى ن ٨٦ر) وهذه المركبات موجودة بصفة خاصة فى الاكباد الكبيرة. وهذه المواد تعمل على جعل الوزن النوعى للجسم كلية يتجه ناحية

لازاحة المتعادلة فى ماء البحر (وزن النوعى ن ٠٢٦ر١) بالاضافة لذلك ان الزعنفة الذيلية الغير متجانسة المميزة لاسماك القرش التى تكون ى نفس الاتجاه مع حواف التوجيه للزعنفة الصدرية عند التقدم للامام معهم سطح الراس يعملوا على توليد قوة اضافية للرفع اثناء السباحة هذا يقلل من الشد الهيدروديناميكى المعاكس لحركة اسماك القرش لتى تسبح وتطفو باستمرار والتى تتميز بوجود زعانف صغيرة نسبيا كبد دهنى كبير. كما توجد انواع قليلة بين الاسماك العظمية التى تعيش فى البحار مثل

(Anoplopomatidae) Anoplopama fimbria sable fish, (Stromateidae) Pelagic medusa fishes (Scorpaenidae) Shallow-Water rock fish.

تستخدم الزيوت ذات الكثافة المنخفضة (الجليسريدات الثلاثية) والتى توجد اساسا فى العظام لتقليل الازاحة السالبة. كما يوجد على الاقل نوع واحد من اسماك البحار العميقة (Ophidiidae) Acanthonus armatus له فراغ جمجى كبير (حوالى ١٠٪ من حجم الراس) يحتوى معظمه على سائل مائى تركيزه الاسموزى نصف تركيز البلازما او السائل الحولى احشائى وتركيزه حوالى ربع التركيز ذلك الموجود فى ماء البحر ويعمل هذا السائل الخفيف الموجود فى الراس على موازنة معظم التراكيب الثقيلة الموجوده فى الراس ايضا (حصاء السمع والجرافات الخيشومية والاسنان البلعومية والفقارات الجمجمية) والاسماك التى تعيش فى المحيطات العميقة (اكثر من ١٠٠٠ متر) تتميز باختزال انسجة الهيكل والعضلات وهذا يتناسب ايضا مع قلة الغذاء فى هذه البيئة فنجد ان الانسجة المستهلكة للطاقة بكثرة مثل مثانة العوم وكذلك المركبات التى تستهلك طاقة لبنائها مثل ليبيدات الجسم تكون عادة مختزلة، او غائبة ويشابه ذلك ايضا وجود الهيكل الغضروفى (وزن النوعى ١ر١) فى الاسماك الغضروفية وبعض الاسماك العظمية وهذا يعتبر نوع من التاقلم الجزئى لتقليل كثافة الجسم.

والمشكلة الرئيسية فى وسائل تنظيم الكثافة السابقة هى انها تحد بدرجة كبيرة نشاط السمكة (الانسجة المختزلة) وتجعل من الصعب على السمكة ان تنظم كثافتها تحت ظروف متغيرة من الضغط العمق، الحرارة، ملوحة الماء.

ومثانة العوم تعتبر من التحورات فى الاسماك العظمية لتجعلها تتغلب على المشاكل الخاصة بتنظيم الكثافة.

ومثانة العوم تسمح بالتحكم الدقيق فى الازاحة لانها تتحكم بسهولة فى حجم الغاز، التى تحتويه وبسبب زيادة كثافة ماء البحر فان

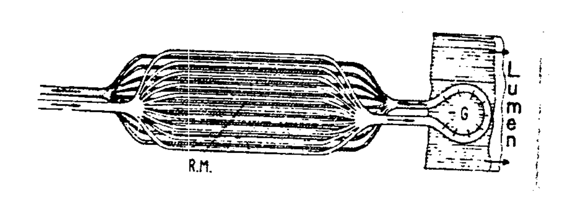
الاسماك والاشياء الاخرى تطفو لاعلى اكثر من الماء العذب وعموما فانه فى الجسم النموذجى للاسماك العظمية البحرية فان مثانة العوم تشغل ٥٪ من حجم الجسم اما فى الاسماك العظمية فى المياه العذبة تشغل ٧٪.

يوجد نوعان اساسيان من مثانة العوم Physoclistous, physosotomous اما مثانة العوم من النوع physosotomous فتتميز بوجود اتصال عن طريق قناة هوائية بين مثانة العوم والقناة الهضمية اما مثانة العوم من النوع Physoclistous فلايوجد بها هذا الاتصال. والنوع الاول يوجد فى Soft-rayed teleosts ويشمل الرنجة والسالمون osteoglossids Mormyrids, catfishes, characims, pikes وشعبان الماء.

وانواع الاسماك التى يوجد بها مثانة العوم من نوع Physostomous تعمل على انتفاخ المثانة بواسطة ابتلاع الهواء بقوة عند سطح الماء ثم دفعة بقوة الى القناة الهوائية فى مثانة العوم بواسطة حركة الفم الميكانيكية ولهذا فليس من المستغرب ان تعيش هذه الانواع من الاسماك غالبا فى المياه الضحلة فمن المعروف انه كلما زاد العمق كلما احتاجت السمكة الى زيادة نفخ المثانة لتحقيق الازاحة المتعادلة عنها فى حالة وجودها بالقرب من سطح الماء فمثلا يكون اقصى حجم لانتفاخ المثانة عند سطح البحر (اضغط جوى) وعند الهبوط لاسفل فان اقصى حجم للانتفاخ ينخفض الى النصف كل ١٠ متر وبالتالى فقيمة الازاحة تقل مع زيادة العمق وهكذا فان كمية الغاز المطلوبة لتحقيق الازاحة المتعادلة عند العمق ستكون كبيرة بدرجة يستحيل تحقيقها بواسطة السمكة.

اما تفريغ المثانة من نوع physostomous يكون عن طريق فعل منعكس حيث يبدا عندما تصبح السمكة خفيفة جدا بواسطة تقليل الضغط الخارجى ثم يحدث خروج الغاز عن طريق القناة الهوائية الى المرىء ويعزى خروج الغاز من المثانة عن طريق القناة الهوائية الى ارتخاء العضلات العاصرة لهذه القناة (فمن المعروف ان العضلات العاصرة بنوعيها الناعمة والمخططة تتحكم فى دخول الغاز عن طريق هذه القناة تحت تاثير التحكم العصبى) ومرونة جدار مثانة العوم وانقباضات عضلات جدار الجسم وبالرغم من الاهمية القليلة لتبادل الغازات بين هذا النوع من المثانة والدم اثناء الانتفاخ او الانبساط وعمليات انتشار الغاز فهى منخفضة فى معظم الانواع التى درست الا انه توجد بعض الانواع مثل شعبان السمك والسمك الابيض يكون جدار المثانة فيها غنى بالاوعية التى تاقلمت خصيصا لتبادل الغازات.

وعلى النقيض من الاسماك التى تحتوى على مثانة النوع Physostomous فان الاسماك ذات المثانة المغلقة من نوع Physoclistous لها تركيب خاص فى المثانة يرتبط بالجهاز الدورى فى عمليات الانقباض والانبساط وعلى ذلك فهذا النوع من المثانة يحرر السمكة من الاعتماد على وجودها بالقرب من السطح ولهذا فان ثلثى انواع الاسماك العظمية (وخاصة انواع Spiny-ray) تحتوى على هذا النوع من المثانة ويعمل مايسمى بالعضو الاحمر rate mirabile وهى تعنى الشبكة العجيبة كمصدر للانتفاخ بالغاز فى هذا النوع وهذه الشبكة تتكون من شعيرات صادرة وواردة على هيئة حزم رفيعة تحيط ببعضها البعض وهذا التركيب الوعائى يسمح بان تتم عملية تبادل غازات الدم بكفاءة فى تيارات متضادة (شكل ١٦).



(شكل ١٦) شكل تخطيطى لشعيرات الشبكة العجيبة (R.M.) وغدة الغاز فى ثعبان السمك (Anguilla) ويظهر سمك جدار حنشان العوم المحتوى على غدة الغاز اكبر من حجمه الطبيعى (Kuhn et al., 1963).

الامر الذى يسمح لضغط الغاز (وبالتالى الحجم) ان يزيد ويتضاعف داخل فراغ المثانة ويوضح شكل ١٧ مثال لكيفية افراز تركيز عالى من الاكسجين داخل المثانة من نوع physoclistomous بواسطة نظام بنس الشعر ذو الاتجاهات المتضادة ويوضح شكل ١٧ ا- وصول الدم المشبع بالاكسجين الى الشبكة وافراز اللكتات الموضعى بالقرب من نهاية الفراغ فى الشبكة الذى يقلل من pH الدم ممايساعد على اضعاف مقدرة الارتباط الهيموجلوبين بالاكسجين (تاثير بوهر) ثم يترك الاكسجين الهيموجلوبين الى البلازما مما يزيد ضغطه الجزئى فى البلازما (PO2) (شكل ١٧ ب) يسبب اختلاف الضغط الجزئى للاكسجين (الذى يكون غالبا فى البلازما عنه فى فراغ مثانة العوم) انتشار الاكسجين من البلازما الى فراغ مثانة العوم حتى يعمل على توازن فى ضغط الاكسجين بين الاثنين (شكل ١٧ جـ) ونتيجة لارتفاع ضغط الاكسجين نسبيا فى الاوعية الدموية الصادرة بالمقارنة لضغطه بالاوعية الواردة (٢ر ضغط جوى) فان الاكسجين

(شكل ١٧) مثال عددى لتضاعف الاكسجين فى نظام التيار المضاد للشبكة فى مثانة العوم للسمكة ويظهر طرف الشعيرات منتفخ وللتوضيح تظهر ميكانيكية التركيز على خطوات وعلى فترات متباعدة. وضغوط الاكسجين (P.O2) تقاس بالضغط الجوى وتركيزات الاكسجين تقاس كنسبة مئوية للحجم (سم ٣ / سم ٣) (Steem, 1971).

ينتقل من الاوعية الصادرة الى الاوعية الواردة المقابلة لها وهذه الحركة الانتشارية للاكسجين تتم بكفاءة على طول شبكة الشعيرات الدموية نتيجة لان تيار الدم فى نوعى الاوعية متضاد فى الاتجاه (انظر الفصل الرابع).

وهذه الحركة الانتشارية للاكسجين فى الشعيرات الواردة وفراغ مثانة العوم تعمل على مضاعفة ضغط الغاز المطلوبة لاحداث تضخم فى مثانة العوم بالرغم من وجود تاثير مضاد لضغط الماء يعمل على انضغاطها فى المياه العميقة وفى هذا الخصوص فان ضغط الغاز فى فراغ مثانة العوم يتضاعف الى ٣٠٠ ضغط جوى فى اسماك المياه العميقة. وكلما طالت شبكة الشعيرات الدموية كلما كانت عملية التبادل الغازى اكثر كفاءة فى ملىء مثانة العوم فى الاعماق وقد اظهرت الابحاث على اسماك المياه العميقة ان هناك علاقة قوية بين طول شبكة الشعيرات

الدمويـة وميـل السمكـة للبقاء فى الاعماق فالاسماك التى تعيش على اعمـاق مـن ١٥٠٠م الى ٣٥٠٠ م فان طول شبكة الشعيرات الدموية ٢٥ مرة اطول من الاسماك التى تعيش من ١٥٠ م الى ٥٠٠ م، وبجانب الاكسجين فان جزء مـعنـوى (يصل الى ٤٠٪) من الغاز المفرز فى مثانة العوم مصدره من الدم او مـن التـمثيل الغذائى فى غدة الغاز بل قد توجد غازات خاملة كـالنيتروجين تتركز فى مثانة العوم عن طريق التضاعف الناتج من تضاد مسار تيارات الدم. وبالاضافة لذلك فان وجود اللاكتات الذائبة يقلل من ذوبان كل الغازات الذائبة فى الدم (التاثير الترسيبى).

تفريغ الغازات من مثانة العوم من نوع Physoclistous يتم عن طريق انـتـشار الغاز مـن فراغ مـثانة العوم الى تيار الدم عن طريق منطقة غنية بالاوعية الدموية ملاصقة للغازات المحبوسة داخل مثانة العوم.

وكـلمـا زاد الضغط الجزئى للاكـسجيـن والنـيـتـروجيـن وثانى اكسيد الكـربـون داخل مـثـانـة العوم بالمقارنة بالدم فان انتشار الغاز من الفراغ الى الدم يـتـم مـن هذه المنـطقة وهذه المنطقة قد تكون بقعة بـيـضاوية من الشعيرات الكثيفة على الجدار الظهرى لمثانة العوم، قد يـتـكـون مـن خط يـقـع فى النـاحيـة الظهرية لجدار مثانة العوم وهذه المنطقة يتم التحكم فيها عن طريق الحركات الامامية والخلفية للحجاب الحاجز المخاطى.

التنظيم الحرارى Thermal Regulation

غالبا مايفترض ان كل الاسماك (وهى حيوانات فقارية ذات دم بارد) دائمـا مـاتـكون درجة حرارة جسمها مثل حرارة البيئة التى تعيش فيها والخيـاشيـم ذات السطح الكـبير التى تتم فيها عملية تبادل الغازات بـكـفـاءة يـتـم فيـها ايـضا تـبـادل حرارى بكفاءة ونظرا لان الدم يمر بـالخيـاشيم مرة كل ٣٠ ثانية - ٢ دقيقة فعلى ذلك فان الناتج الحرارى مـن عمـليـة التمثيل الغذائى تتم ازالته من جسم السمكة بواسطة الماء الذى يعمل على تبريد الخياشيم مع انه لوحظ فى احدى المرات سنة ١٨٣٥ ان احد اسماك التونة التى صيدت كانت درجة حرارة جسمها اعلى من ١٠ م مـن المـاء الـتـى صيدت فيه وكذلك اظهرت الدراسات الحقلية ان بعض الاسمـاك مـعينة تفضل الماء ذات درجة الحرارة اعلا من غيره من المياه القـريـبـة. وهكـذا فانـه هناك طريقتان ممكنتان لتنظيم بعض الحرارة الداخليـة وهى التـنـظيـم الحرارى عن طريـق السلوك والتنظيم الحرارى الفسيولوجى.

التنظيم الحرارى عن طريق السلوك Behavioral thermo-regulation

وهذا التنظيم يختص بحركة الاسماك من كتلة مائية، من منطقة لاخرى تتميز بدرجة حرارة ادفا او ابرد وبما ان درجة الحرارة تؤثر على معدلات التمثيل الغذائى والهضم بدرجة كبيرة فان بعض الاسماك قد تختار درجة حرارة معينة لتعيش فيها لتحتفظ بالطاقة، لتجرى عمليات التمثيل الغذائى (عن طريق الانزيمات مثلا) عند اكفا درجة حرارة لها وعلى سبيل المثال فقد وجد ان احد انواع السالمون (Oncorlynchus nerka) يختار درجة حرارة دافئة (١٥ م) عند عمق ١١ م تقريبا لهضم الغذاء الذى تتناوله فى فترة الغسق خلال ليالى الصيف القصيرة وعلى النقيض فان السمكة تذهب لاعماق اكثر (٣٧ م) حيث درجة حرارة الماء ٥ م بين فترات التغذية فى الفجر والغسق وهكذا فانه خلال فترات النهار الطويلة فان السمكة تحتفظ بالطاقة بتقليل احتياجاتها الحافظة من الطاقة فى المياه الباردة (الفصل الرابع).

التغيرات التى يحدثها الانسان فى البيئات المائية تقدم تفسير اكثر للابحاث فى هذا المجال وعلى سبيل المثال فقد تم اصطياد بعض انواع الاسماك بصفة مستمرة مثل

Lepomis machrochirous, Micropterus salamides,
Lepisosteus osseus, Morone missippensis, Ambloplites rupestris
Lepomis gibbosus, Cyprinus carpio.

من ماء احد المساقط المائية الدافئة المستخدمة فى لحظة توليد كهرباء وهذا دليل على ان المصدر الغذائى من البلانكتون الحيوانى لهذه الاسماك توجد فى هذه المنطقة الدافئة ممايجعل هذه الانواع تفضل هذا المسقط المائى الدافىء التى تبلغ درجة حرارته اعلى من ٢-٤ م عن المياه المجاورة له خلال منتصف ونهاية الصيف وان كانت التجارب المعملية باستعمال جهاز الصندوق المكوكى اظهرت ان الاسماك المقيمة بصفة دائمة فى مسقط الماء الدافىء تفضل درجات الحرارة الاعلى عدا نوع واحد يتجنب باستمرار المسقط الدافىء وهو Perceflovescens.

التنظيم الحرارى الفسيولوجى Physiological thermoregulation

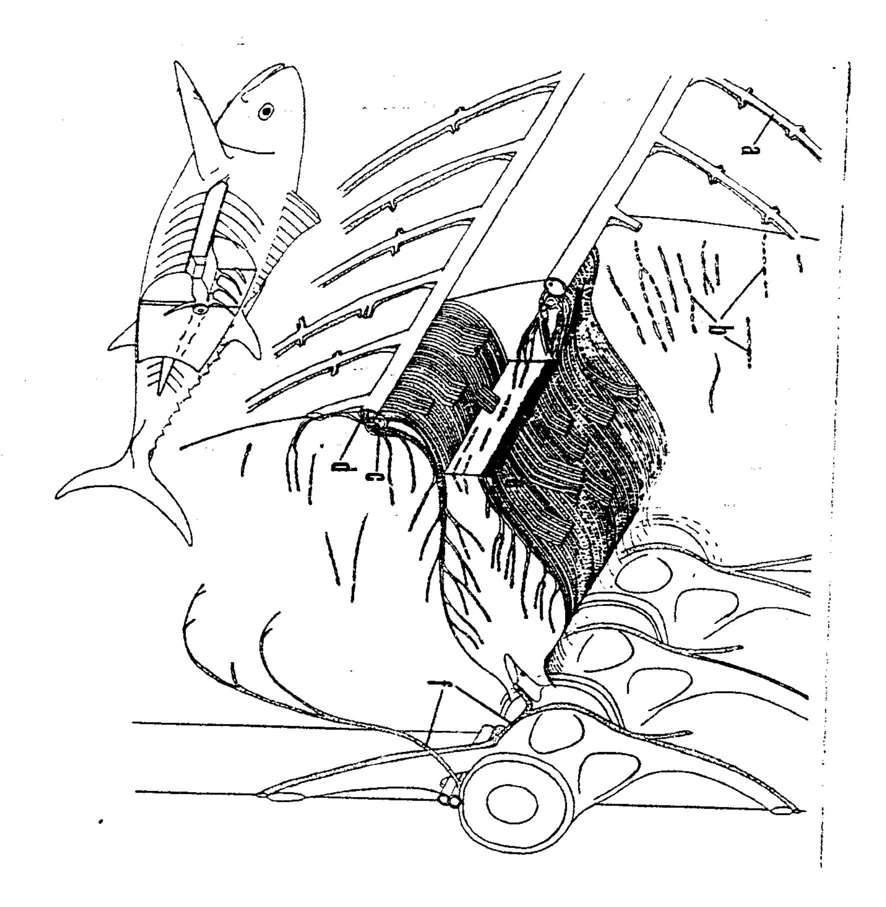
وهذا التنظيم يستعمل لدرجة كبيرة فقط لبعض الانواع التى تسبح بصفة مستمرة. كل من الانواع ذات الجسم الدافىء لها جهاز تبادل حرارى. Retia mirabilia للاحتفاظ بالحرارة الناتجة من التمثيل

الغذائى للسمكة وهذه الاسماك لها شرايين واورده كبيرة لنقل الدم بين القلب والخياشيم ويقع المبادل الحرارى بالقرب من الجلد (شكل ١٧) وهذا يمكنهم من نقل الدم البارد (بالقرب من درجة حرارة الماء) من والى المبادل الحرارى بدون امتصاص حرارة كبيرة من الحرارة الناتجة من عضلات السباحة.

وتركيب المبادل الحرارى يشابه مثانة العوم من نوع Physcolistous (راجع تركيب الشبكة المفرزة للغاز فى الجزء الخاص بالازاحة) وبصفة اساسية فان استعمال طريقة ترتيب مشط العسل فى اوعية الدم الصادرة والواردة فان الحرارة (بدلا من الغاز) يحدث تبادلها بالتوصيل عبر جدر هذه الاوعية العديدة التى تجرى موازية لبعضها. لايحدث تبادل للغازات فى جهاز التبادل الحرارى لعدم وجود مايسبب حموضة الدم مثل حمض اللاكتيك كما فى شبكة مثانة العوم. ايضا فان قطر الاوعية اكبر فى المبادل الحرارى وكذلك جدارها اسمك بالمقارنة بشعيرات الشبكة الدموية فى مثانة العوم وهذا يبطىء انتشار الاكسجين اقل ١٠ مرات من الحرارة وبسبب تيارى الدم المتعارض فى الاوعية فان حرارة التمثيل تحتجز بكفاءة فى شبكة الاوعية التى تحيط بعضلات السبحة الحمراء (شكل ١٨) وكفاءة هذا المبادل الحرارى ٩٥٪ كحاجز حرارى بين الخياشيم والعضلات الحمراء فى احد انواع التونة.

بالرغم من اختلاف عدد ومواضع شبكات التبادل الحرارى بين انواع التونة والماكريل والقرش التى تحتوى على هذه الشبكات فانها قادرة على السباحة بسرعة واستمرار والعضلات الدافئة تنقبض اسرع من الباردة ولذلك فان المبادل الحرارى يسمح لهذه الاسماك المفترسة بان تبذل مجهودها وتندفع فى السباحة لمطاردة الاسماك الاصغر التى يتشكل منها طعامها وعلى سبيل المثال فان اسماك Epinephelus التى تفتقد وجود دائرة خاصة تاقلمية للاحتفاظ بحرارة التمثيل الغذائى فان حرارة جسمها الداخلى ترتفع فقط ٣ر م عن حرارة المياه التى تعيش فيها بينما عضلات السباحة لاسماك Thunnus تكون درجة حرارة جسمها اعلى ١٢ م من حرارة المياه.

الاسماك ذات الجسم الدافىء لاتستطيع ان تحفظ درجة حرارة جسمها ثابتة مثل الثدييات والطيور ولكن درجة حرارة الجسم تزيد وتنقص تبعا لدرجة حرارة البيئة ودرجة حرارة الجسم الداخلية للاسماك الكبيرة من هذه الانواع مثل التونة يبدو انها اقل تاثرا بحرارة البيئة وذلك ظاهريا بسبب البناء الحرارى الذى توفره الاجسام الكبيرة عموما ولهذا فان التونة الاكبر فى الحجم تاخذ شكل توزيع داخرى فى العمق للتبريد اذا كانت حرارة سطح الماء دافئة بدرجة لاتصلح للمعيشة فيها بصورة مستمرة.



(شكل ١٨) الدورة الدموية فى عضلات التونة.
(A) حلقة من وريد وشريان.
(B) الشرائط الوعائية.
(C) شريان جلدى.
(D) وريد جلدى.
(E) الشبكة العجيبة.
(F) تفرعات شريانية من الاورطى الظهرى. Carey and Teal, 1966

قدرة الاسماك ذات الجسم الدافىء على الاحساس بالتغير فى حرارة البيئة قد يحدث عن طريق الشعور عصبيا بالفرق فى درجة حرارة الماء (حرارة سطح جلد السمكة) والحرارة داخل الجسم، بواسطة التدرج الحرارى فى الدم عبر شبكة التبادل الحرارى.

الباب الرابع

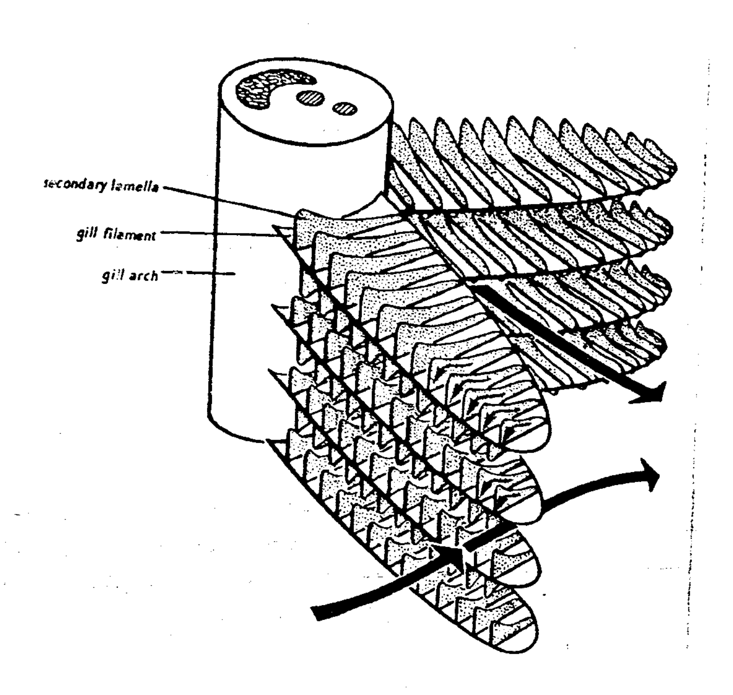
التنفس Respiration

توجد العديد من المشاكل الخاصة بالتنفس فى البيئة المائية بالمقارنة بالتنفس فى الهواء فالفقاريات تستعمل الرئتين فى التنفس حيث تكون حركة الهواء فى اتجاهين (هواء المد) لتجديد الاكسجين عند اسطح تبادل الغازات وعلى العكس من ذلك فان معظم الاسماك تتنفس باستعمال دفع الماء فى اتجاه واحد عبر خياشيم خارجية ويحدث تضخ الماء فى الخياشيم، وذلك يحدث تلقائى عند فتح الفم وغطاء الخياشيم عند السباحة للامام وهذا الاسلوب لايجعل الماء يمر فى اتجاهين مما يوفر الطاقة للسمكة، وتركيب الخياشيم الذى يشابه المنخل الدقيق جدا (شكل ١٩) يمكن الاسماك من استخلاص الاكسجين بكفاءة تامة من الماء حيث ان اغتراف الاكسجين من الماء بهذه الكفاءة حيوى للسمكة لان كمية الذائبة فى الماء منه قليلة جدا يحتوى الماء على ١/٣٠ من الاكسجين لكل حجم بالمقارنة بالغلاف الجوى. وقلة الاكسجين هذه يعزى اليها بدون شك حدوث تطور الخياشيم التى تتميز بسطح كبير وكفاءة فائقة فى تبادل الغاز وكذلك بعض الاساليب الشاذة التى تستعملها بعض الاسماك لاستخلاص الاكسجين مباشرة من الهواء وكذلك انخفاض الاكسجين فى الماء وضع حدود لمعدلات اغتراف الاكسجين من الماء وبناء على ذلك وضع حدود لمعدلات التمثيل فى الاسماك.

الخياشيم Gills

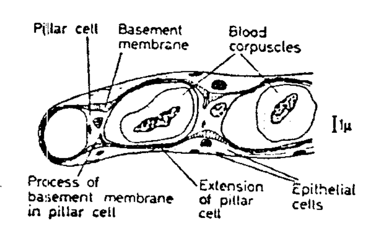
تعتبر الخياشيم الموضع الرئيسى لتبادل الغاز فى معظم الاسماك وهى تتكون من اقواس عظمية، غضروفية (شكل ١٩) التى تمسك بازواج من الخيوط الخيشومية والصفائح الثانوية الصغيرة والمتعددة التى تمتد لاعلى على سطحى كل خيط تعتبر هى اماكن تبادل الغاز الاولية وتتركب الصفائح الثانوية من خلايا طلائية رقيقة من الخارج ومن اغشية قاعدية وخلايا بيلر Pillar (شكل ٢٠) وذلك يسمح لخلايا الدم بالتدفق للداخل بدون تغيير فى شكلها ويحدث اغتراف الاكسجين بالانتشار عبر الاغشية الصفائحية الرقيقة ولان تيار الدم والماء يسيران فى اتجاهين متعاكسين فان عملية كفاءة تبادل الغاز تكون اقصى مايمكن حيث يوفر هذا التضاد فى التيار حالة من التدرج فى ضغط الاكسجين بطول سطح الانتشار وهكذا يمكن ان تتشبع الدم بالـ O لدرجة اكبر منه فى حالة ان يكون تيار الدم موازى لتيار الماء ووجد بالتجربة ان كفاءة استخلاص الاكسجين فى Salmo gairdneri تكون ٨٠٪ فى حالة التيار

المتعاكس، ١٠٪ فى اسماك Tinca عند جعل تيار الدم والماء متوازيا جراحيا ويعتمد المعدل الفعلى فى اغتراف الاكسجين على مساحة مسطح الصفيحة الخيشومية وسمك النسيج الطلائى للخياشيم الذى يعبره الاكسجين والفرق بين ضغط الاكسجين على جانبى الاغشية وبناءا عليه فان الزيادة فى معدل اغتراق الاكسجين من الماء فى الاسماك العالية النشاط تسبب زيادة فى مسطح الخياشيم وقلة سمك النسيج الطلائى الخيشومى (جدول ٥) ولزيادة مسطح الخياشيم فان الاسماك استعملت نوعين من اساليب التطور لتوفير ذلك وهذا بزيادة عدد الصفائح بتضييق المسافة بينهم، زيادة طول الصفائح والوسيلة التطورية الثانوية نادرة الوجود بسبب سهولة تكسرها لرقتها. وبعض اسماك التونة تستخدم صفائح تلتحم عند اطرافها معا لتدعيم بعضها ضد التحطيم الناتج من تيارات الماء القوية عند التنفس بمعدل عالى.



(شكل ١٩) يوضح تركيب خيشوم السمك الاسهم الكبيرة توضع اتجاه تيار الماء والاسهم الصغيرة توضع اتجاه تيار الدم.
(Hughes and Grimston, 1965)

١- صفيحة ثانوية ٢- الفتيل الخيشومى ٣- القوس الخيشومى



(شكل ٢٠) قطاع فى صفيحة ثانوية (Hughes, 1965)

١- خلايا بيلر	٢ - غشاء قاعدى
٣- خلايا دم	٤ - ١ ميكرومستد
٥- خلايا طلائية	٦ - امتداد خلايا بيلر
٧- بروز الغشاء القاعدى فى خلايا بيلر

وتوجد المفائح المتقاربة ذات النسيج الطلائى الرقيق غالبا مصاحبة للاسماك النشطة وذلك لان هذه المفائح تقلل المسافة التى يعبرها الاكسجين عند انتشاره من الماء الى الدم وبالتالى يزيد معدل الانتشار ويعتمد انتشار الغاز ايضا على الفرق فى ضغط الغاز على جانبى سطح التنفس حيث تتوقف اويقل تدفق الاكسجين من الماء الى الدم القليل فى نسبة الاكسجين نسبيا وذلك اذا لم يتم حصول الاسماك على ماء غنى بالاكسجين طازجا باستمرار واعادة تجديد هذا الماء يسمى تنفس الخياشيم.

التنفس الخيشومى Gill ventilation

فى معظم الاسماك العظمية يكون التنفس مصحوبا بتزامن فى انبساط وانقباض تجاويف الفم وغطاء الخياشيم وذلك لاحداث تيار من الماء يمر فوق سطح الخياشيم بصورة مستمرة وفى اتجاه واحد ففى المرحلة الاولى من دورة دفع الماء فى الخياشيم يدخل الماء الى الفم وذلك بواسطة تمدد تجويف الفم ثم يندفع الماء بسرعة الي سطح الخياشيم بواسطة انقباض تجويف الفم وانبساط غطاء الخياشيم فى نفس الوقت، وبعد انقباض التجويف الخيشومى لطرد الماء من الفتحة الخيشومية تبدا الدورة مرة اخرى (شكل ٢١) واى خلل فى هذه الدورة يسبب ارتداد تيار الماء فى الاتجاه العكسى لفترة قصيرة وتستعمل السمكة هذه الظاهرة عندما تريد التخلص من المواد الغريبة والمخاط الزائد من الخياشيم،

Species	(μ)	(per mm)	(μ)	(μ)	
Icefish (*C. aceratus*)	35	8	75	6	
Bullhead	25	14	45	10	Sluggish
Eel	26	17	30	6	species
N. tessellata	20	17.5	35	2	
Sea scorpion	15	14	55	3	
Trout (5 kg)	15	20	40	3	
Flounder	10	14	70	2	
Icefish (*C. esox*)	10	18	40	1	Active
Trout (400 g)	12	23	35	3	species
Roach	12	27	25	2	
Coalfish	7	21	40	<1	
Perch	10	31	25	<1	
Herring	7	32	20	<1	Very active
Mackerel	5	32	25	<1	species

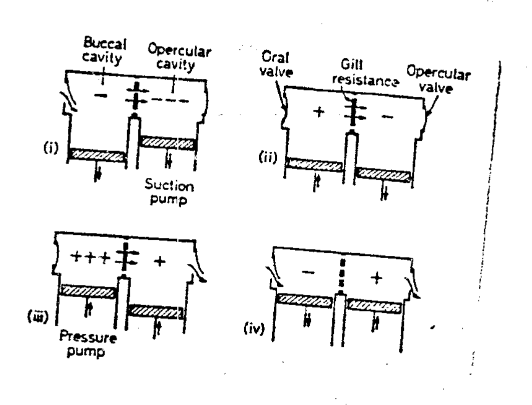
(جدول ٥) مقارنة ابعاد الخياشيم فى العديد من اسماك Teleost

١- النوع　　　　　　　　٢- سمك الصفيحة بالميكرون
٣- عدد الصفائح لكل مم　　　٤- المسافة بين الصفائح بالميكرون
٥- المسافة بين الماء، الدم بالميكرون
٦- اسماك غير نشطة
٧- اسماك نشطة　　　　　　٨- اسماك نشطة جدا.

وكلما زاد حجم الماء المار فوق الخياشيم كلما زاد احلال الماء الموجود عند حواف سطح الصفائح الخيشومية ممايسبب زيادة الفرق فى تركيز الـ O2 الى اقصى مستوى وبالتالى يزيد معدل انتقال الاكسجين من الماء الى الدم وفى اسماك القرش والشراع Rays تستعمل زوائد لحمية من الجلد لخلق تيار تنفسى خلال التجويف الخيشومى.

ويعتبر تغيير حجم الماء المار على الخياشيم واحد من الاساليب التى تستعملها السمكة لتحدث تاثير على معدل التبادل الغازى عند الخياشيم وقد لوحظ ان هناك نوع واحد على الاقل من عائلة Teleostean

يعمل على ايقاف حركات الخياشيم ويتنفس بطريقة سلبية وذلك عند سرعات السباحة العالية ويعتقد انه هذه السرعات الحرجة (وهو امر محدد متبعا للتطور) فان السمكة تحقق اقصى كفاءة فى استعمال الطاقة بواسطة استعمال عضلات السباحة لرفع السمكة للامام ولاحداث عملية التنفس فى الخياشيم بصورة كافية ومثال آخر على استعمال تغيير حجم الماء المستخدم فى التنفس للتاثير على معدل التبادل الغازى وهو ماتفعله معظم الاسماك التى تواجه بصورة غير متوقعة ماء قليل فى نسبة الاكسجين ففى هذه الحالة فان تركيز الاكسجين فى ماء الشهيق (شكل ٢١) يقل وبالتالى يقل معه معدل انتقال الـ O2 من الماء الى الدم.



(شكل ٢١) رسم تخطيطى يوضح مرحلتى الضخ المستعملة فى التنفس الخيشومى للاسماك العظمية والغضروفية الاطوار الثلاثة الاولى تضخ الماء بنشاط خلال منخل الخياشيم اما الطور الاخير فلايضخ كمية معنوية من الماء ولكنه يعتبر جزء مختصر جدا من الدورة.

١- تجويف الفم ٢- التجويف الغطائى ٣- صمام فمى
٤- مقاومة الخياشيم ٥- مضخة شفط ٦- مضخة كبس

عبر الخياشيم كنتيجة لانخفاض الفرق فى تركيز الـ O2 بين الماء والدم وبالتالى تحدث حالة نقص اكسجين (Hypoxia) والاستجابة الطبيعية فى هذه الحالة عند انخفاض الاكسجين هو زيادة تدفق تيار الماء المستخدم فى التنفس فوق سطح الخياشيم ولاحداث هذا يزداد كلا من عدد انقباضات وانبساطات تجويف الفم والغطاء الخيشومى فى الدقيقة

الواحدة (معدل التنفس) وحجم الماء المتدفق فى كل انقباضه وانبساطه (حجم ماء التنفس لكل انقباضه وانبساطه) جدول (٦).

Variable	Units	Ambient Conditions	Hypoxic Conditions
Inspired dissolved O_2 concentration	mg O_2/l	8.81	3.48
O_2 consumption rate	mg O_2/kg/hr	120.54	119.40
Ventilation volume	ml water/min	36	171
Ventilatory frequency	strokes/min	60	95
Ventilatory stroke volume	ml water/stroke	0.60	1.80
Percentage utilization of oxygen	%	66	39

فزيادة حجم الماء المستخدم فى التنفس يزيد من الفرق فى تركيز الاكسجين الى اقصى حد وذلك نتيجة الاحلال السريع للماء الذى يلى سطح الصفائح وان كانت كفاءة الاستخلاص للاكسجين بالنسبة لكل حجم من الماء تقل عند تدفق الماء بسرعة الا ان كمية الـ O2 الكلية التى تستخلص تكون كافية للحفاظ على اتزان عملية التنفس (جدول ٦).

مواضع اخرى للتنفس المائى

فى معظم الاسماك يحدث تبادل غازى محدود فى اماكن بجوار الخياشيم وعلى سبيل المثال فان الفص العلوى للزعنفة الذيلية فى اسماك (Lepisosteus osseus) لها مورد دموى غنى اضافى يستعمل بدرجة قليلة فى التبادل الغازى كما يلعب الانتشار عبر الجلد دور مهم فى تنفس يرقات السمك كما يلعب التنفس الجلدى دور مهم فى بعض الاسماك البالغة كثعبان السمك وسمكة القطب الثلجية وان كان استخلاص الجلد للاكسجين محدود خاصة فى الاسماك الكبيرة وذلك بسبب ممرات مختلفة تختص بمساحة السطح والمورد الدموى.

الاسماك التى تتنفس الهواء

بعض الاسماك تستعمل الوسائل السلوكية لتوائم نفسها مع الماء القليل فى الاكسجين فبينما تسبح بعض الاسماك للسطح لاستنشاق الماء الغنى بالاكسجين الملامس للهواء فان البعض الاخر له القدرة الفعلية على ترك الماء وتنفس الهواء وبعض الاسماك التى تهاجر لمسافات قصيرة عبر اليابسة، التى تتعرض لظروف جفاف قاسية تستعمل بعض الوسائل التاقلمية لتنفس الهواء وتتراوح هذه الوسائل من احداث بعض التعديلات فى الخياشيم الى استعمال الجلد او وجود تراكيب تنفسية خاصة فى الفم والقناة الهضمية الى استعمال رئات حقيقية.

الخياشيم المعدلة

تعتبر سمكة Clarias batrachus الموجودة فى جنوب شرق اسيا وجنوب فلوريد او اماكن اخرى مثال على وجود الخياشيم المعدلة حيث تتميز بزيادة سمكها وتباعد الصفائح الخيشومية عن بعضها من الناحية الظهرية للخيط الخيشومى وتفرعها بشكل بطلى شجيرى فينشا من الناحية الظهرية من القوس الخيشومى الثانى والرابع وهذه التراكيب الشجيرية تمثل (اشجار تنفسية) وتؤمن هذه التراكيب البطلية والسمكية للخياشيم المعدلة له امداد كافى من الهواء اما الخياشيم العادية التى لها صفائح وخيوط خيشومية عديدة ومتقاربة فانها تميل للاتصال ببعضها وتفقد وظيفيا كثير من مساحة السطح عند خروجها من الماء وحتى المتطلبات الاخرى للاسطح التنفسية فتظل تقريبا رطبة وسمكه Clarias تتحرك على الارض اساسا عندما يمطر الجو.

الجلد

غير معروف تماما الى اى مدى تستعمل الاسماك التنفس الجلدى وهو معروف بصورة افضل فى ثعبان الماء الذى يهاجر عبر مسافات قصيرة فى اليابسة فهذه الاسماك تتنفس بواسطة الانتشار خلال الجلد الذى به الكثير من الاوعية الدموية وبدرجة اقل بواسطة الخياشيم تستطيع استعمال الهواء للتنفس بحيث تصبح ليلا خلال الاعشاب الرطبة.

الفــم

وعلى العكــس مــن ثعبان الماء الحقيقى فان ثعبان الماء الكهربائى يــعتــبــر مــن الاسمــاك التــى تتنفس الهواء فهذا النوع له منطقة غنية بــالاوعيــة الدمــويــة فى تــجويف الفم حيث يستعملها فى استخلاص معظم احتــيــاجاتــه مــن الاكــسجيــن وبينما هذه المنطقة لها مسطح كبير نتيجة لوجود التفافات عديدة وحلمات الا ان الخياشيم اضمحلت خلال التطور كما يــوجد نــوعيــن اخريــن Anabas Gillichthys وهمــا مــن الانواع التى لها مساحة معدلة فى الفم للتنفس الهوائى وتبادل الغازات وهذان النوعان لهمــا القــدرة على التــنــفس بــاسلــوبــين وذلك لكى تستطيع الحصول على الطعام، الهروب من الاعداء الى خارج الماء.

القناة الهضمية

اسمــاك Plecostomus, Amicistrus, Hoplostetnum ثــلاثــة انــواع مــن الاسمــاك الاستــوائيــة لها اجزاء من قناتها الهضمية متخصصة فى اغتراف الـــ O2 بــواسطة ابــتــلاع الهواء وفى هذه الانواع وفى معظم الاسماك التى تــتنفس الهواء فان التخلص من الــ CO2 يحدث اساسا فى مكان اخر غير مــكــان اغتــراق الـــ O2 وذلك لان القناة الهضمية ليست مرتبطة بالبيئة الخارجيــة بصورة تامة وبالتالى فان التخلص من الــ CO2 يتم اساسا عن طريق الخياشيم.

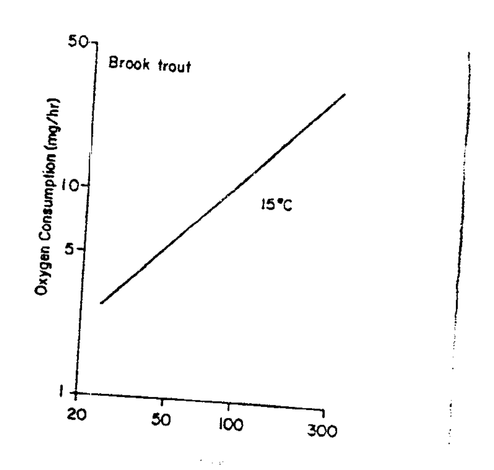
الرئات، مثانات العوم

تــعتــبــر سمكة Langfish من الامثلة المعروفة ومن horus Lepidosiren وهذه الاسمــاك من الاسماك التى تتنفس الهواء بصورة اساسية ويعتبر نوع Protopterus مــن الانواع المتاقلمة على الظروف الجافة تماما وتستعمل هذه الانــواع فــتــحة صغيــرة تــتــنــفس مــنها الهواء الجوى وهذه الاسماك تــستطيع البقاء فى فترات الجفاف الشديد مطمورة فى الطين الجاف فى البــحيرات والانهار التى كانت تعيش فيها وتصبح فى حالة بيات صيفى وعنــدمــا تــمــتلىء البحيرات، الانهار بالماء مرة اخرى تقوم باستنشاق الهواء عبــر رئــات غنــيــة بــالامــداد الدموى وعــى العكس فــان CO2 يتم التخلص منه عن طريق خياشيم اثرية.

امــا الاسماك من نوع Neoceratodus فهى لاتتعرض للجفاف فى بيئاتها بهذه الدرجة اذا عرضت لمثل هذه الظروف تجريبيا. وبعض الاسماك الاخرى التــى تــتــحمــل ظروف مــختــلفة تــتنفس الهواء باستعمال مثانة العوم المعدلة لتبادل الغازات وهى تشمل Lepisosteus, Amia, Polypterus.

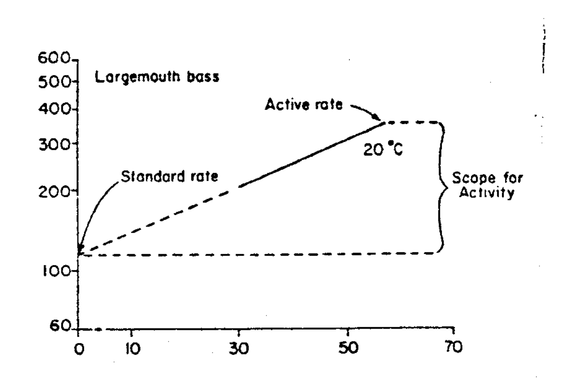
حتياجات السمكة من الاكسجين

تحتاج السمكة لطاقة للحركة والبحث عن الغذاء وهضمه كما تحتاجها
لنمو والتناسل وللحفاظ على جسمها وبيئاتها الداخلية وبالتالى
الطاقة الكامنة فى غذائها لابد ان تتحول بواسطة التمثيل الغذائى
لى قوة تستخدم لاداء هذه الوظائف المختلفة والاكسجين وبعض المواد
لعضوية مطلوبان لكل عمليات الاكسدة التمثيلية واساليب التمثيل
لمختلفة التى تعتمد على الاكسدة الهوائية تعتبر سائدة فى الكائن
الذى يحصل على الاكسجين من مصادره الاصلية وذلك لان هذه الاساليب فى
هذه الحالة تصبح اكثر كفاءة كيماويا من الاساليب الغير هوائية
وتعتبر كمية الـ O_2 التى تحتاجها السمكة لهذه العمليات خلال فترة
معينة هى معدل استهلاك الـ O_2 وهو يتاثر بعوامل مختلفة اهمها هو
وزن الجسم ومستوى النشاط، درجة حرارة البيئة (شكل ٢٢)، (شكل ٢٣)،
(شكل ٢٤).



(شكل ٢٢) تاثير وزن الجسم على معدل استهلاك الاكسجين الكلى لتوسه الماء عند ١٥ م (Beamish, 1964).

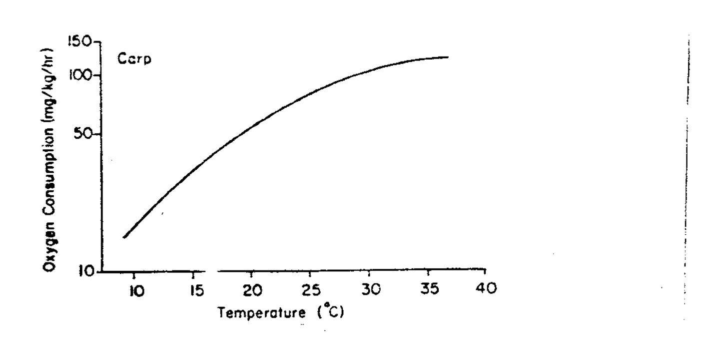
١- استهلاك الاكسجين (ملليجرام/ ساعة).
٢- لوغاريتم الوزن (بالجرام).



(شكل ٢٣) تاثير سرعة السباحة على معدل استهلاك الاكسجين لاحد اسماك السالمون الامتداد الخلفى يدل على المعدل الاساسى للتمثيل عندما تكون السرعة صفر سم/ثانية.

طرح المعدل الاساسى من المعدل النشط يعطى الكمية المستهلكة للنشاط فقط.

١- سرعة السباحة (سم/ث)   ٢- استهلاك الاكسجين (ملليجرام/كيلو/ساعة)
٣- المعدل الاساسى   ٤- المعدل النشط
٥- الصافى الخاص بالنشاط فقط



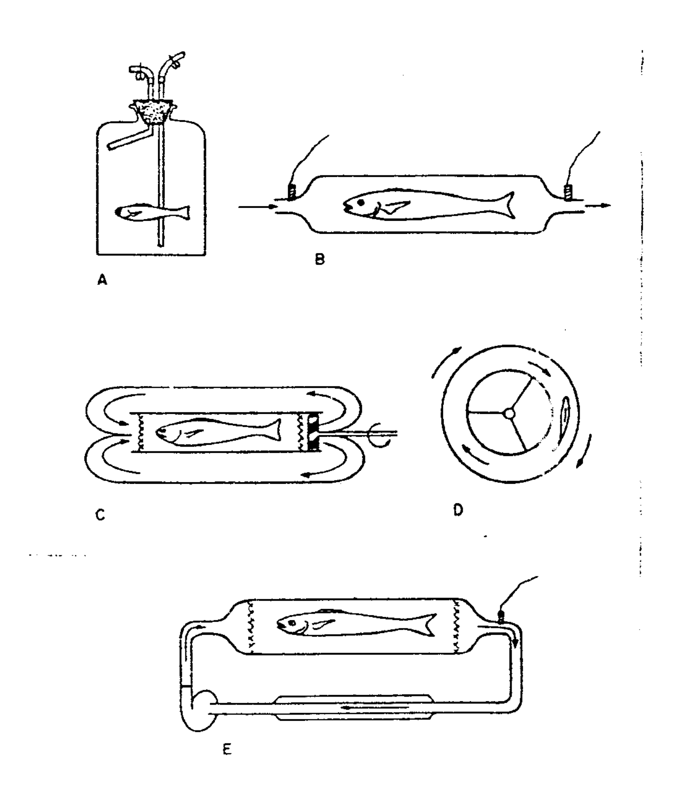
(شكل ٢٤) تاثير الحرارة على معدل استهلاك الاكسجين لاسماك المبروك

١- الحرارة (م).
٢- استهلاك الاكسجين (ملليجرام/كيلو/ساعة).

وعموما فالاسماك الاكبر حجما تستعمل اكسجين كلى اكثر خلال الساعة عن الاسماك الاصغر (شكل ٢٢) بالرغم من انه لوحسبنا استهلاك الاكسجين لكل وحدة من وزن الجسم فان الاسماك الاصغر تستعمل اكسجين اكثر من الاسماك الاكبر وكذلك فالاسماك السابحة تستهلك اكسجين اكثر من الاسماك التى لاتبذل نشاط (شكل ٢٣) واكثر من هذا فالاسماك فى المياه الدافئة عادة يكون معدل استهلاك الاكسجين فيها اعلا من الاسماك التى تعيش فى الماء الابرد (شكل ٢٤).

اساليب تجريبية

الجهاز المستعمل عادة لقياس معدلات استهلاك الاكسجين فى السمكة يسمى Respirometer وابسط صوره هى استعمال زجاجة مغلقة جيدا مملوءة بالماء وتحتوى على سمكة (شكل ٢٥) وهذا النوع من الاجهزة يمكن استعماله فى موقع التجربة ويحسب معدل استهلاك الاكسجين فى هذه الطريقة بحساب الفرق بين تركيز الاكسجين الذائب قبل وضع السمكة وبعد وضعها بفترة زمنية معينة وبالمقارنة بهذا النظام الثابت فان استعمال Respirometer يمر فيه الماء من طرف لاخر يكون اكثر فائدة للدراسات التى تحتاج وجود ماء مشبع بالهواء لفترة طويلة من الوقت اما Respirometer من النوع التحويلى يصلح فى الحالة الثابتة Static والتيار الماء يصلح للعمل الروتينى ومع بعض الاحتياطات الخاصة يصلح للحالات القياسية التى يقاس فيها معدلات التمثيل الغذائى للاسماك الساكنة، وهناك ايضا انواع عديد من هذه الاجهزة تستعمل فى قياس معدلات النشاط للاسماك السابق، فى سرعات مختلفة شكل ٢٥ (c,b,e) وبالاضافة لذلك فان هذا الاسلوب يستعمل عادة لتقدير معدل التمثيل الاساسى عندما تكون سرعة السباحة صفر مسافة/ثانية (شكل ٢٣) وبطرح معدل التمثيل الاساسى من معدل التمثيل النشط ينتج مقياس النشاط الذى يعتبر دليل مفيد فى تحديد الكمية النسبية للطاقة المخزنة فوق الطاقة الحافظة فالاسماك التى لها مخزون اكبر تكون قادرة على الحركة والنمو والتناسل ومقاومة الامراض والطفيليات بصورة افضل.



(شكل ٢٥) شكل توضيحى لجهاز Respirometer

A) Respirometer مع انابيب دخول وخروج عينات الماء.
B) ذو تيار الماء المدفوع داخله مع اقطاب قياس تركيز الاكسجين فى التيار الداخل الى الخارج.
C) السباحة ذو انبوبة داخل انبوبة مع جهاز للتحكم فى سرعة دورات الماء عند سرعات مختلفة.
D) سباحة نوع Annular وهو يدور لتحريك الماء.
E) ذو النفق مع مضخة لتحريك الماء حول السمكة.

الباب الخامس

الدم والدورة الدموية

Blood and Circulation

الدم Blood

يتكون دم الاسماك كما فى باقى الفقاريات من خلايا الدم تسبح فى سائل البلازما الذى يسير فى انسجة الجسم ويوجد نوعين من الخلايا الدموية هما الخلايا الحمراء، البيضاء وفى هذا الفصل سنناقش اولا طبيعة الخلايا الحمراء والبيضاء ثم نصف باختصار كيفية عد خلايا الدم واخيرا نناقش تفاصيل تركيب ووظيفة الهيموجلوبين (الصبغة التى تحمل الاكسجين فى الدم).

كلا من كرات الدم البيضاء، الحمراء تنشا من خلايا توجد فى اعضاء مختلفة ولكنها تكون ناضجة عند نزولها الى مجرى الدم. ففى بعض الاسماك تنشا خلايا الدم من طبقة الميذوديرم (الطبقة المتوسطة) المحيطة بالقناة الهضمية وفى بعض الاسماك الناضجة فان خلايا الدم تنشا من النسيج الدهنى الموجود فى الناحية الظهرية للحبل العصبى وفى الاسماك الغضروفية تنتج الخلايا الدموية من عضو Leydig (الموجود فى المرىء) ومن نسيج خاص حول الغدد الجنسية وخاصة من الطحال. انتاج الطحال للخلايا الحمراء قد يحتوى على خلايا دموية غير ناضجة، خلايا تتحول الى خلايا دموية بعد نزولها للدورة الدموية اما فى الاسماك العظمية فان اماكن تكوين خلايا الدم تقع اساسا فى الكلية، الطحال مع ملاحظة ان عظام الاسماك خالية من النخاع اللازم لتكوين خلايا الدم.

خلايا الدم الحمراء Red Blood Cells or Erythrocytes:

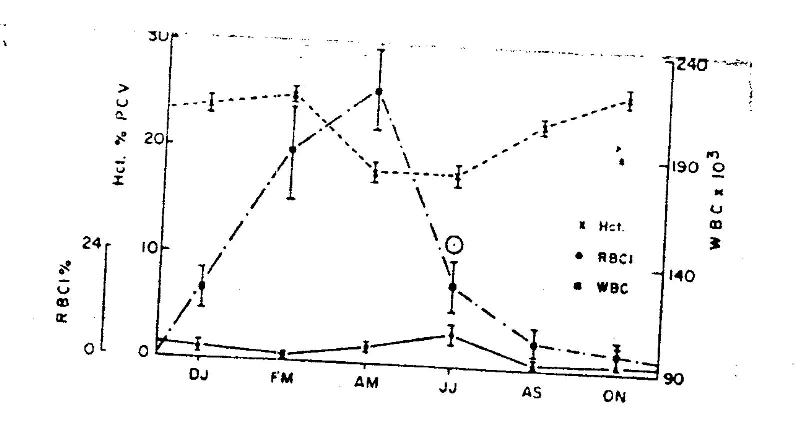
عدد خلايا الدم فى الاسماك تصل الى ٣ مليون/ مم٣ وهى تحتوى على هيموجلوبين الذى يحمل الاكسجين من الخياشيم الى الانسجة وهذه الخلايا تشابه نظيرتها فى الفقاريات الغير شديده من حيث احتوائها على نواه كما يظهر جدول (٧) مدى واسع من اختلاف الاحجام بين الانواع المختلفة.

جدول ٧ الصفات الهيماتولوجيه للاسماك المختلفة.

النوع	عدد الخلايا الحمراء (١٠/مم٣)	نسبة المواد الخلوية (٪)	تركيز الهيموجلوبين (جرام ٪)	متوسط حجم كرة الدم الحمراء (ميكرو مكعب)	سعة الدم للاكسجين (حجم ٪)
القرش الازرق	ر٠٩	١٨ر٩	-	١٠١٠ - ٦٥٠	-
	-	٢٢ر٣	٥ر٧	-	-
	ر٦٩	-	٦ر٨٤	-	-
	٢ر٢١	٢٣	٥ر٣٦	١٠٧	٨٠٣
المبروك العادى	١ر٤٣	٢٧ر١	٦ر٤	١٨٦	١٢ر٥
المالات المخطط	٣ر٠٨	٢٦ر٩	٧ر١٤	٨٨	٨ر٣٦
	٢ر٦٦	٣٢ر٩	٣٢ر٩	١٢٤	٧ر٧٨
ترسة البحر المنقطة	٣ر٢٥	٣٢ر٢	٦ر٩٩	٩٩	٨ر٥٦
السمكة الزرقاء	٣ر٨٥	-	١٣ر٤١	-	-
	-	-	١٧ر٢٠	-	-

الاسماك الغضروفية تحتوى على خلايا حمراء اكبر فى الحجم واقل فى العدد من الاسماك العظمية (جدول ٧) حتى داخل الاسماك العظمية فان الاسماك التى يحتوى دمها على عدد اكبر من الخلايا الحمراء لكل سم٣ من الدم فان حجم الخلية الحمراء يكون اقل وكذلك داخل هذه المجموعة فان الانواع الاكثر نشاطا تميل لان تحتوى على خلايا حمراء اكثر من الانواع الاقل نشاطا (جدول ٧) وعندما تكون خلايا الدم كثيرة والمسافة التى يسيرها اقل فان اغتراف الاكسجين بواسطة الخياشيم وتركه عند عضلات السباحة المحتاجة للاكسجين يكون اكثر كفاءة.

وحيث ان احتياج السمكة من الاكسجين يختلف حسب العمر والظروف البيئية فان عدد خلايا الدم الحمراء لكل سم ٣ تختلف حسب طريقة التوازن بين احتياجات الطاقة لانتاج خلايا حمراء مع عملية دفع الدم الى الانسجة فالدم الذى يحتوى على عدد اقل من كرات الدم الحمراء يتم دفعه بمعدل اكبر خلال الجسم شكل (٢٦) من الدم المحتوى على عدد اكبر من الخلايا الحمراء وذلك اذا كان الاحتياج للاكسجين عالى فتصل احتياجات مكعب الاسماك العظمية من الطاقة الى ٤ر٤٪ من الطاقة الكلية للسمكة، عدد كرات الدم الحمراء يمكن ان يكون له دور مهم فى التاثير على توازن الطاقة الكلية شاملا النمو .... الخ.



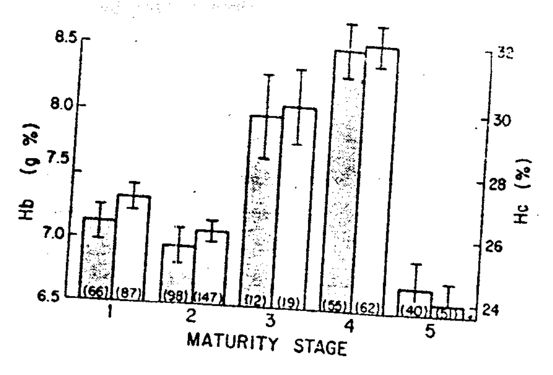
شكل ٢٦ متوسطات نسبة المواد الخلوية وكرات الدم الحمراء الغير ناضجة وكرات الدم البيضاء كل شهرين لسمكة Winter flounder العلامة (○) توضح اهمية اعلى متوسط لكرات الدم الحمراء الغير ناضجة التى تحدث خلال الاسبوع الثالث من يونيو (Bridges et al., 1976).

فاسماك Salmo gairdneri عندما تكون فى حالة انيميا بصورة تجريبية تقوم بالزيادة المعنوية فى حجم الدم الذى يتم دفعه بواسطة القلب وفى حالة قلة احتياج الانسجة للاكسجين نسبيا عما فى حالة انخفاض درجة حرارة الماء وانخفاض حركة السمكة فان العدد الكبير لكرات الدم الحمراء يكون غير مطلوب ويقل العدد (كرات الدم الحمراء تعيش حتى ١٥٠ يوما على الاقل فى اسماك Ticotica عند درجة حرارة ١٨ م) وهكذا ففى الاسماك النشطة توجد غالبا اختلافات موسمية فى انتاج الخلايا الحمراء على سبيل المثال فى اسماك Pseudopleuronectes americanus يصل انتاج الخلايا الحمراء الى اعلى معدل فى اواخر الربيع واوائل الصيف كما وجد ان التغييرات فى عدد كرات الدم الحمراء (وفى التركيز الكلى للهيموجلوبين) فى اسماك Lagodon rhobides له اهمية فى مقابلة الزيادة الموسمية فى الاحتياجات التنفسية كما وجد ايضا ان هناك وسائل اخرى تتبعها الاسماك مثل تغيير حجم الخلايا الحمراء ومعدل دوران الدم وهذه التغييرات مطلوبة لمواجهة تغيرات تصل الى ١٠ مرات فى التمثيل الغذائى مصاحبه للتغيرات الموسمية فى درجة الحرارة وفى اسماك Uugil cephalus فان التغييرات فى عدد كرات الدم الحمراء والهيموجلوبين لاتكون مصاحبه للتغيرات الموسمية فى درجة الحرارة فقط ولكن ايضا مصاحبه لنشاط وضع البيض الذى يحتاج لمتطلبات عالية من الطاقة (شكل ٢٧).

زيادة عدد كرات الدم الحمراء خلال موسم وضع البيض تم تسجيلها فى اسماك Tilapia zilli ولهذا فهذه الظاهرة قد تكون منتشرة على نطاق واسع بين الاسماك العظمية. وجدير بالذكر ايضا ان عدد كرات الدم الحمراء قد يتأثر بعوامل البيئة الاخرى خاصة المواد الملونة فالكلورين فى الماء يعتبر ضار جدا للاسماك حيث يقوم بتكسير خلايا الدم الحمراء من خلال تثبيط عمليات التمثيل الحيوية فى الخلية.

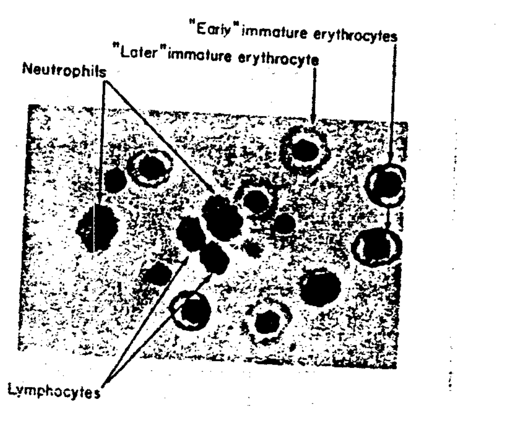
الخلايا البيضاء White Blood Cells or Leukocytes:

عدد خلايا الدم البيضاء (٢٠٠٠٠ الى ١٥٠٠٠٠/مم٣) اقل من الخلايا الحمراء ووظيفتها مقاومة الاجسام الغريبة مع دخولها فى عملية تجلط الدم ويمكن عن طريق قياس الفقد فى العدد الكلى لكرات الدم البيضاء والنسبة المئوية للانواع المختلفة ان نفهم الحالة الفسيولوجية، المرضية للحيوان ويختلف عدد كرات الدم البيضاء خلال السنة فى معظم انواع الاسماك، درست اختلافات العدد الكلى والتمييزى للخلايا البيضاء فى اسماك Winter floynder والتى ظهرت علاقة عكسية مع ظروف، صحة السمكة فالافراد المريضة تقوم ببناء اجسام مضادة لالتهام البكتريا .. الخ. (شكل ٢٨). يوضح خلايا دم Winter floynder وهناك انواع عديدة من

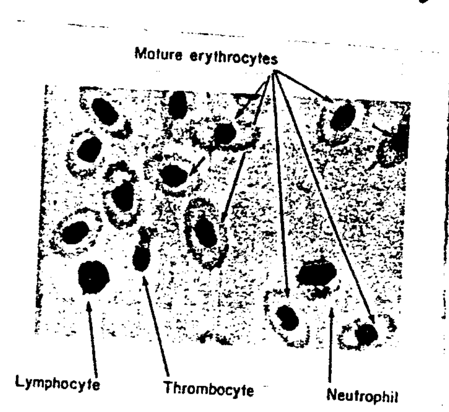


شكل ٢٧ متوسط مستويات تركيز الهيموجلوبين ونسبة المواد الخلوية فى مراحل النضج الجنسى المختلفة ويوضح ارتفاع الاعمدة قيم المتوسطات والخطوط العمودية ± الخطا القياسى والارقام داخل الاقواس توضح حجم العينة والاعمدة المنقطة توضح تركيز الهيموجلوبين الكلى والاعمدة الخالية توضح نسبة المواد الخلوية. مرحلة النضج ١- غير ناضج (الغدد الجنسية صغيرة جدا ، غائبة). ٢- ناضج (الغدد ناضجة لكن صغيرة). ٣- (الغدد كبيرة لكن غير مفرزة للحيوانات المنوية، بويضات). ٤- (تخرج الحيوانات المنوية والبويضات بسهولة من السمكة). ٥- (الغدد كبيرة الى حد ما ولكن فارغة).

الخلايا البيضاء فى دم الاسماك وهى تقوم بوظائف مختلفة مرتبطة بوجودها وهذه الانواع الاساسية هى الخلايا الليمفاوية والثيموثية والخلايا الوحيدة والخلايا المحببة (شكل ٢٨).



خلايا دم حمراء غير ناضجة
(مرحلة متاخرة)



خلايا دم حمراء غير ناضجة
(مرحلة مبكرة)

(شكل ٢٨) خلايا الدم فى سمكة Winter floynder

الخلايا الليمفاوية Lymphocytes

تختلف فى الحجم (٤ر٥ Um الى Um١٢ فى القطر) بين الانواع. اما شكلهم فمتشابه الى حد كبير وهى تحتوى على نواه كبيرة محاطة بطبقة رقيقة من السيتوبلازم ذو الحبيبات القاعدية فيه القليل من الميتوكونديا والريبوزومات. وعدد الخلايا اللمفاوية يختلف بين الانواع (وحسب طريقة العد) وهى فى اسماك Plaice تبلغ ١٢ x ١٠ /مم٣ وان كان عدد الخلايا يختلف حسب الموسم وهو يتبع الاتجاه العام لتغيرات الخلايا البيضاء فى الموسم (شكل ٢٦) والخلايا اللمفاوية لاسماك Teleostean تنتج من الغدة التيموثية والكلية بالرغم من وجود اختلاف فى استجابة الخلايا الناتجة من كلا النوعين الى الاجسام المضادة. الوظيفة الاساسية للخلايا الليمفاوية هى انتاج الاجسام المضادة لاداء الوظائف المناعية. فقد وجد زيادة كبيرة فى الخلايا الليمفاوية الصغيرة فى كلية اسماك Rainbow trout وكانت هذه الزيادة مرتبطة بالانتاج العالى للاجسام المضادة بعد حقن الحيوان بالمواد الغريبة بـ ٢ - ٣ يوم. كما وجدت تجمعات من الخلايا اللمفاوية الصغيرة عند حدود الانسجة المزروعة المرفوضة فى السمكة وهذا دليل ايضا على ان الخلايا اللمفاوية للسمكة قد تظهر نشاط التهامى للخلايا الغريبة واعطائها لخلايا اخرى (الخلايا الملتهمة) لها هذه القدرة.

ثرمبوسيت Thrombocytes

وهى خلايا مغزلية بيضاوية ذات نواه تظهر بالصبغ عند الفحص الميكروسكوبى وقد يوجد لها اشكال مختلفة وذلك يمكن ملاحظته فى التحضيرات الحية يعتقد ان هذه الخلايا تنشا من نسيج الطحال فى اسماك Plaice ووظيفتها تجلط السوائل التى تدور فى الجسم. وهذه الجلطات تنتج بواسطة انتشار السيتوبلازم الخاص بهذه الخلايا حيث تربط الخلايا مكونة شبكة ليفية تحجز بينها خلايا الدم.

الخلايا الوحيدة Monocytes:

وهى تشكل نسبة قليلة من الخلايا البيضاء وذلك اذا لم توجد مواد غريبة فى الانسجة، مجرى الدم ولانها تنشا من الكلية فانها تتركز فى اماكن التهام الاجسام الغريبة.

الخلايا المحببة Granulocytes:

وهى خلايا تحوى سيتوبلازم وتتكون من ثلاث انواع اساسية:

الخلايا الحامضية، الخلايا القاعدية، الخلايا المتعادلة ومن اسم كل نوع يتضح نوع الحبيبات السيتوبلازمية عند معادلة الخلايا بالصبغات الحامضية (الايوسين) والصبغات القاعدية والمتعادلة على الترتيب الخلايا المتعادلة هى اكثر الانواع المحببة وجودا فى الاسماك وهى تكون ٢٥٪ من العدد الكلى للخلايا البيضاء فى Brown trout بالاضافة لخاصية الصبغ المتعادلة للسيتوبلازم (رمادى) فان نواتها فى الغالب غير مركزية منفصة والخلايا المحببة تتكون فى الكلية والطحال بصورة اقل فى الاسماك العظمية وقد حدد بعض العلماء عضو Leyding كمكان لتكوين الخلايا المحببة فى الاسماك الغضروفية ووظيفة الخلايا المحببة لازالت غير مؤكدة وهى تهاجم اماكن العدوى البكترية حيث تكون خلايا ملتهمة كما ان زيادة الخلايا المتعادلة تعزى الى الاجهادات الاخرى Stresses اما الخلايا القاعدية فقد وجدت فى بعض الاسماك مثل Gold fish ولكنها لاتوجد فى دم Plaice ، كذلك يوجد تناقض واختلافات فى الابحاث فيما يخص وجود، غياب الخلايا الحامضية فى الاسماك وبالرغم من عدم وضوح وظيفة الخلايا الحامضية والقاعدية الا انها مرتبطة بقدرتها على الارتباط بالاجسام الغريبة والاجهادات ، الالتهام.

عدد كرات الدم Blood Cells Count:

نظرا لوجد نواه فى كرة الدم الحمراء فى الاسماك فان طريقة العد الاليكترونية لاتصلح ويتم العد بواسطة شريحة Neubauer اى بطريقة الهيموسيتومتير ويمكن تقدير كمية كرات الدم البيضاء بواسطة الطرد المركزى للانابيب الشعرية والتى تسمى Leucocrit حيث تترسب كرات الدم البيضاء فوق كرات الدم الحمراء، البلازما وتكون مايسمى Buffycoat ومن ارتفاع كرات الدم البيضاء المترسبة يمكن اجراء تشخيص عام لامراض الاسماك كما يستعمل الفحص الميكروسكوبى فى تحديد عدد وانواع كرات الدم البيضاء.

الهيموجلوبين Hemoglobine:

هو عبارة غن صبغة تنفسية تزيد من قدرة الدم على الارتباط بالاكسجين فعلى سبيل المثال فى اسماك القرش عند ٢٠ م يحدث تشبع الدم بالاكسجين حيث يرتبط ٩٣٪ من اكسجين الدم بالهيموجلوبين ويذوب

٪٧ فى البلازما وفى البيئات الاكثر بروده يزيد الذائب فى البلازما (١٢٪ فى اسماك Termatomus bernacchii) التى تعيش فى القطب حيث درجة الحرارة -٥ر١ م كما ان اسماك الجليد Icefish من عائلة Channichthyidae لايحتوى دمها على هيموجلوبين وتعيش هذه الاسماك لان احتياجاتها من الاكسجين الخاص بالتمثيل الغذائى قليل كما ان نسبة الاكسجين البيئى فى دمائها عالية تحت هذه الظروف البيئية وهذا يوفر لها طاقة كافية للحركة للحصول على كميات كافية من الاسماك الصغيرة كما يوجد تحورات فى جهازها الدورى حيث تحوى قلب كبير نسبيا وحجم الدم كبير ايضا مع مقاومة قليلة للشعيرات الدموية وهذا مما يساعد على كفاءة حركة الدم.

وبالرغم من ان بعض الاسماك تستطيع العيش بدون هيموجلوبين الا ان اهمية الهيموجلوبين لمعظم الاسماك لايمكن اغفاله، كما ان الهيموجلوبين ليس مجرد نوع واحد من الجزيئات ولكنه فى الحقيقة عبارة عن عدة جزيئات متشابه وتختلف فى تركيبها وفى قدرتها على الارتباط بالاكسجين تحت الظروف المختلفة.

تركيب الهيموجلوبين

يتكون هيموجلوبين الاسماك من نوعين اساسيين احادى، رباعى ويتكون النوع الاحادى من سلسلة ببتديه مفردة مرتبطة بمجموعة heme وزنها الجزئى حوالى ١٧ وهى مميزة لاسماك Hagfish اما النوع الرباعى فمميز لكل الاسماك العليا وهى تتكون من اربعة سلاسل من الاحماض الامينية (اثنين ∝ واثنين B) يشابه كثيرا هيموجلوبين الثدييات واوزانها الجزئية ٦٥٫٠٠٠ وهناك العديد من انواع الهيموجلوبين الرباعى ويمكن ان توجد انواع عديدة فى سمكة واحدة فعلى سبيل المثال يوجد اربعة انواع من الهيموجلوبين فى ترسة قوس قزح واثنين فى ثعبان السمك الامريكى وثلاثة فى الاسماك الذهبية واهمية تخليق اكثر من نوع الهيموجلوبين تبدو فى ارتباطها بالخصائص الوظيفية المختلفة لكل نوع وبالتالى فان وجود عدة توليفات من انواع الهيموجلوبين يعكس التاقلم للظروف البيئية المختلفة.

وانواع الهيموجلوبين المتعددة لها علاقة خاصة بتاقلم الانواع المهاجرة التى تعتاد على ظروف بيئية مختلفة وعلى سبيل المثال فثعبان السمك الامريكى يحتوى على نوع من الهيموجلوبين له القدرة العالية على الارتباط بالاكسجين فى الماء المالح ونوع اخر من الهيموجلوبين له القدرة العالية على الارتباط بالاكسجين فى الماء العذب وهذا يؤدى الى الاعتقاد بان تغير نوع الهيموجلوبين يساعد فى

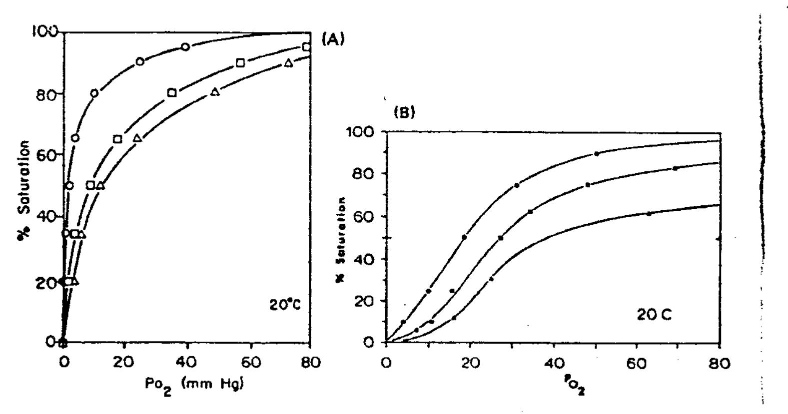
تأقلم شعابين السمك على البيئات المختلفة الملوحة مع احتفاظها بكفاءة ثابتة للدم فى حمل الاكسجين ويختلف هيموجلوبين اسماك Goldfish وظيفيا عما سبق حيث يتأثر بدرجات الحرارة فالاسماك المتأقلمة على ٢ م يوجد بها نوعين من الهيموجلوبين بينما الاسماك المتأقلمة على ٢٠ - ٣٥ م يظهر بها نوع ثالث وحيث ان التركيز الملاحظ للهيموجلوبين الثالث لايتجاوز ١٢ر٠٪ من التركيز الكلى فيعتقد ان اهمية الفسيولوجية قليلة ولم يتضح بعد هذا الهيموجلوبين فى البيئة الحارة واوضح Houston and Rupert (1976) ان النوع الثالث للهيموجلوبين يظهر ويختفى مع التغير فى الحرارة من ٣ م ال ٢٣ م والعكس بالترتيب خلال ٣ ساعات ويعتقد ان البناء السريع لهذا الهيموجلوبين ينشا من اعادة ترتيب سلاسل B فى انواع الهيموجلوبين الاخرى بدلا من بناء هيموجلوبين جديد، انتاج نوع جديد من خلايا الدم. كذلك توجد علاقة بين مستوى نشاط وانواع الهيموجلوبين فى انواع Suckers وقد وجد دليل على وجود نوع من الهيموجلوبين فى هذه الاسماك يقاوم التغير فى الـ pH حيث يحتفظ بقدرته على الارتباط بالاكسجين فى الوقت الذى تنخفض قدرة انواع الهيموجلوبين الاخرى على الارتباط بالاكسجين عند زيادة حمض اللاكتيك الناتج من حركة العضلات وهذه الانواع بالذات تعيش فى الماء الجارى لسريع وفى نفس القنوات تعيش انواع اخرى من Suckers وهى لاتمتلك هذا الهيموجلوبين وهذه الانواع توجد اساسا فى الماء الابطا من هذه القنوات كما درست التغيرات فى انواع الهيموجلوبين مع التغيير فى العمر كما فى بعض انواع السالمون وهذه التغييرات تحت تاثير وراثى وقد ترتبط التغييرات المعروفة فى اصول تكوين خلايا الدم الحمراء اثناء التطور وبالتاكيد فان انواع الهيموجلوبين فى مراحل تطور السالمون تكون اكثر ثباتا منها فى اسماك Goldfish عند التعريض لتغيرات فى درجة الحرارة والملوحة والاكسجين الذائب قدره الدم على الاتباط بالاكسجين.

شكل (٢٩-١) يبين منحنيات انفصال اكسجين الدم Blood oxygen dissociation لسمكة Sacramento black fish ويظهر شكل (٢٩-ب) شكل هذه المنحنيات فى ترسة قوس ترت وتاخذ هذه المنحنيات شكلها نتيجة للتداخل بين وحدات الاربع (اماكن الارتباط بالاكسجين) فى جزئيى الهيموجلوبين وتظهر هذه المنحنيات ان قدرة الهيموجلوبين على الارتباط والتشبع بالاكسجين بنسبة ٥٠٪ تحدث فقط عندما يكون الضغط الجزئيى للاكسجين ٢ ملليمتر زئبق عند درجة حرارة ٢٠ م وهذا يدل على ان قدرة الدم على الارتباط بالاكسجين عالية وعلى العكس فان حالة نصف التشبع فى ترسة قوس قزح تحدث عند ضغط جزئى للاكسجين ١٧ ملليمتر زئبق وهذا يدل على ان قدرة الدم على الارتباط بالاكسجين اضعف. واهمية هذه الاختلافات تظهر تحت ظروف البيئة القليلة فى نسبة الاكسجين الذائب فعلى سبيل المثال اذا كان ضغط الاكسجين فى الماء يبلغ ٢٣ مم زئبق

فقط فان السمكة تستطيع زيادة ضغط الاكسجين فى الدم الشريانى الى ٢٥ مم زئبق فى الخياشيم بغض النظر عن كفاءة نظام تبادل الغازات المتضادة عند ٢٥ مم زئبق.

فان سمكة Sacramento black fish تستطيع تشبع الدم الشريانى بمقدار ٩٠٪ شكل (٢٩-ا) بينما ترسة قوس قزح لاتستطيع تشبع دمائها الا الى ٦٥٪ فقط شكل (٢٩-ب) وهذه القدرة على تشبع الدم بمقدار ٩٠٪ تحت هذه الظروف يعتبر ميزة للسمكة التى تعيش فى بيئة فقيرة فى الاكسجين الذائب فى الماء كذلك نسبة التشبع العالية تعنى ان هناك محتوى اكبر من الـ O2 يرتبط بصورة قابلة للانفصال عكسيا بالهيموجلوبين الذى ينقلها الى الانسجة لتقابل احتياجات الاكسجين الخاص بالتمثيل الغذائى فى السمكة.

ويعتبر المنحنى S المميز للترسة من المزايا الناشئة عن عملية التطور حيث يقوم الد بتفريغ الاكسجين عند الانسجة عند ضغط اكسجين عالى قليلا. والاسماك التى يتميز منحنى S بها بوجود تفلطح فى الوسط يتميز بامكانية تفريغ وتحميل الدم بالاكسجين بكميات كبيرة خلال مدى ضيق من ضغط الاكسجين الاكثر كفاءة من الناحية الفسيولوجية لاغتراف وترك الـ O2 فى الانواع المختلفة فكلما كان التفلطح متحولا الى اليمين فان الاسماك النشطة تكون اكثر كفاءة فى البيئات الغنية بالاكسجين.



شكل (٢٩)

ا) منحنيات ارتباط اكسجين الدم لسمكة عند درجة ٢٠ م، ثلاث مستويات ضغط: اقل من ١ مم زئبق (مثلثات) و٥ مم زئبق (دوائر) و١٠ مم زئبق (مربعات)

ب) منحنيات ارتباط اكسجين الدم لترسة قوس قزح عند ٢٠ م الدوائر المصمتة بيانات عند صفر مم زئبق والمربعات المصحة عند ٣ مم زئبق، المثلثات المفتوحة من ٧ - ٨ مم زئبق.

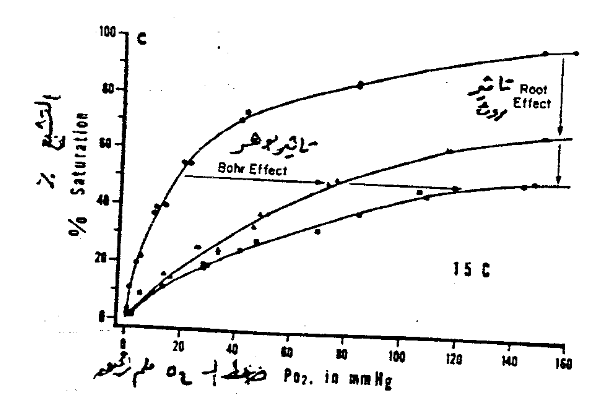
الهيموجلوبين المؤكسد (وهو يختلف عن الهيموجلوبين الذى يحمل بالاكسجين) ويسمى Methemoglobin وهو لايعمل كصبغة تنفسية وقد يوجد بكميات كبيرة فى دم السمكة حيث وجد ان الدم فى اسماك Pink salmon يحتوى على ١١٪ هيموجلوبين مؤكسد من الهيموجلوبين الكلى كما تبلغ هذه النسبة ١٧٪ فى ترسة قوس قزح ولايعرف بوضوح لماذا هذه النسبة مرتفعة فى بعض الانواع القليلة التى درست ومن المعروف ان الهيموجلوبين المؤكسد يحتاج للطاقة لكى يتحول من Methemoglobin الىشكل اقل ثباتا ليستطيع تادية وظيفته كصبغة تنفسية.

العوامل المؤثرة فى ارتباط الدم بالاكسجين:

ان حركة ارتباط الاكسجين بالهيموجلوبين وانفصاله عنه فى الاسماك تحدث لكى تجعل نقل الغاز الى اماكن الاكسدة فى الانسجة احسن مايمكن وهناك عوامل عدة تؤثر على هذا الارتباط للاكسجين بالدم ومن اهم العوامل، تركيز ك ٢١ ، الحرارة، تركيز الفوسفات العضوى. تاثير تركيز ك ٢١ ,pH وهى تاثيرات مرتبطة ببعضها ومن اهم العوامل المؤثرة من الناحية الفسيولوجية شكل (٣٠) يظهر تاثير Pco2, pH (ضغط ك ٢١) على ارتباط دم اسماك Winter flounder بالاكسجين حيث ينخفض الارتباط بانخفاض pH وزيادة Pco2 (تاثير بوهر) وهذا التاثير عادة يساعد على انفصال الاكسجين من الهيموجلوبين وبالتالى تسهيل انتشاره حول الانسجة ويحسب تاثير بوهر بقسمة التغير فى لوغاريتم للضغط الجزئيى للاكسجين عند التشبع بنسبة ٥٠٪ على التغير فى pH المصاحب لهذا التغير.

وجدول (٨) يوضح ان اكثر الاسماك نشاطا تميل لان يكون بها تاثير بوهر اكبر ويعتبر هذا من طرق التاقلم التى تتبعها الاسماك حيث تسبب الحركة الكثيرة احتياج اكبر للاكسجين فى عضلات السباحة الحمراء ولذلك يقوم تاثير بوهر الكبير بزيادة معدل انتشار الاكسجين عبر جدر الشعيرات الدموية لتغطية هذا الاحتياج للاكسجين وبالاضافة لذلك فان مستويات الحركة الكبيرة، العنيفة تنشط اساسا التنفس اللاهوائى فى العضلات البيضاء ومما يسبب شدة الاحتياج للاكسجين ويتكون حمض اللاكتيك فى النهاية مما يخفض من الدم بدرجة اكبر وبالتالى يزيد تاثير بوهر وتاثير Root يعتبر علاقة بين pH/Pco2 وهى تؤثر على قدرة الدم على التشبع بالاكسجين بدلا من تاثيرها على الارتباط بالاكسجين (شكل ٣٠).

ويعتقد الان ان تاثير روت يعتبر حالة شديدة من تاثير بوهر وان الاساس الجزئيى لهذه الظاهرة قد يرتبط بنوع خاص للهيموجلوبين داخل توليفة الهيموجلوبينات المتعددة زيادة ضغط ك ٢١، انخفاض pH يقلل من سعة الدم للاكسجين (المحتوى من O2 وعند ١٠٠٪ تشبع) وهذا التاثير



شكل ٣٠ منحنيات ارتباط الاكسجين بالدم لسمكة Winter flounder عند ١٥ م وثلاث مستويات للضغط الجزئيى. العلامات : . اقل من ١ مم زئبق (متوسط = ٢ر٨)، * ٨ مم زئبق (متوسط ٧٤٨)، * ٢٤ مم زئبق (متوسط ١٧ر٧).

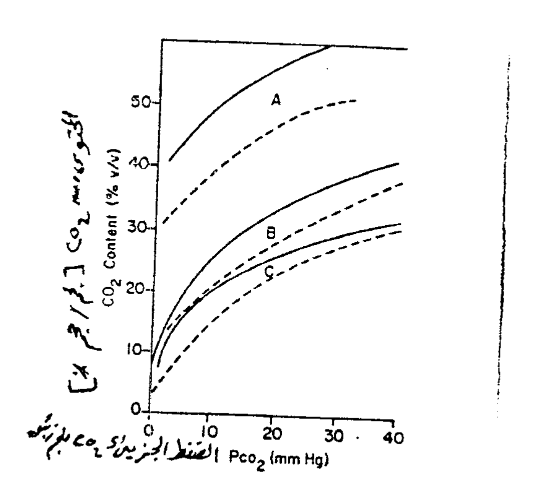
جدول ٨ تاثير بوهر لبعض الاسماك المميزة فى بعض الانشطة المختلفة

مستوى النشاط	النـــوع	الحرارة (م)	تاثير بوهـــر
اقـــل		٢٤ر٩	٣١ر
		١٥	٥٥ر
اعلـــى	ترسة قوس قزح	١٥	٥٧ر
عالى جـــدا	ماكريل طلنطلى	٢٥	٢ر١

(تاثير روت) يوجد فقط فى الاسماك ذات مثانة العوم والشبكة العجيبة (العضو الاحمر) فاسماك القرش لايوجد بها مثانة عوم ولايوجد بها تاثير روت مصاحبة لهيموجلوبينها وكما هو مشروح بالتفصيل فى الفصل الثالث فان الملامح الفريدة للشبكة العجيبة (شبكة التبادل الغازى) مع تاثير روت يجعل انتفاخ مثانة العوم ممكنا عند الاعماق الكبيرة وقد وجد تاثير روت كبير ومميز للهيموجلوبين فى اسماك Rock fishes التى تعيش فى مياه عميقة نسبيا بينما اسماك عائلة Sacorpaenidae التى تعيش فى ماء ضحل والتى لاتقوم بالهجرة الراسية يوجد فيها تاثير روت

صغيـر وفـى النـهاية ففـى اسماك California scorion fish التـى لـيس بهـا مثانـة عوم لايوجد بهـا تـاثير روت وعلـى العكس فـاسماك Winter flounder يـظهر فيهـا تـاثير روت كبيرا (شكل ٣٠) بالرغم من عدم وجود مثانة عوم بـهـا. وهذه الاسمـاك مثل باقى الاسماك العظمية تعتمد على النظر للحصول على الغذاء لذلك فهى تملك عضو وعاشى شبكى يعتمد على التيار المتضاد يقع خلف الشبكة العينية وقد يلعب تاثير ردت دور هام فى تزويد هذا العضو لانسجة الشبكيـة بكمية كافية من الاكسجين التى تحتاج كميات كبيرة من الاكسجين.

وقـدرة ارتـبـاط الدم بـ CO2 كبيرة فى الاسماك (مثل المبروك) التى تـاقـلمت على الحياة فى البيئات التى يوجد بها تركيز عالى من CO2 وهذه القـدرة تـقـل فى الاسماك التى تعيش فى بيئات منخفضة فى تركيز CO2 مـثـل (المـاكـريـل) ويـوضح شكـل ٣١ زيادة قدرة CO2 على الارتباط بـالهيـموجلوبـيـن الخالى مـن الاكسجين (تـاثير هالدن) وذلك يرجع الى زيـادة pH المـصاحبـة لنزع الاكسجين من الدم ويختلف تـاثير هالدن بين الانواع المختلفة.

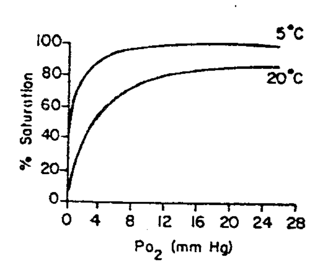


شكل ٣١ منحنيات تمثل توازن CO2

الخطوط المصحة والمـنـقـطة تـمثل الدم الغير محمل بالاكسجين والمحمل بالترتيب عند زيادة CO2 فى الدم لايحدث تغير كبير فى Pco2 خلال المدى الفسيـولوجى Pco2 (اقـل مـن ١٠ مم زئبق) مع بعض التفلطح فى المنحنى عند الضغوط العالية.

تاثير الحرارة :

يوضح شكل (٣٢) ان زيادة الحرارة يقلل قدرة دم اسماك Tench على الارتباط بالاكسجين وقدرته على حمل الاكسجين ويبدو ان تسليم اكسجين اضافى للانسجة التنفسية عندما يزيد الطلب على الاكسجين عند زيادة درجة الحرارة يعتبر ميزة تاقلمية وان كان تاثير الحرارة فى اسماك من مجموعةEctrotherms يعمل جيدا عند الخياشيم بدلا من بذل تاثير اختيارى مثل تاثير بوهر (الذى يعمل اساسا عند الانسجة عندما يكون Pco2 عالى، pH عالى او منخفضة) ولهذا فان تاثيرات الحرارة الكبيرة لاتعتبر ميزة للانواع التى تعيش فى البيئات التى تتغير فيها درجة الحرارة بدرجة كبيرة، للانواع التى تتحرك بسرعة من درجة حرارة لاخرى مختلفة. تاثير الحرارة على الارتباط بالاكسجين وسعة الهيموجلوبين يمكن حسابهم كمية من معادلة الحرارة الناتجة من الاكسدة (H) والحفرية الحية التى تعيش فى بيئة حرارية ثابتة تماما عند عمق من ٢٠٠ م : ٤٠٠ م فى المحيط لها هيموجلوبين بين قيمة له مول/كيلو كالورى ٤٢ر١٠ - اما اسماك Winter floynter التى تعيش على البيئة الساحلية البحرية لها هيموجلوبين ذو قيمة ٧ر٧ - اما الانواع التى تواجه اختلافات واسعة فى درجات الحرارة مثل التى تعيش فى بحيرات كاليفورنيا الضحلة فانها هيموجلوبين ٦ر١ - واسماك Bluetuna فيها هيموجلوبين H ٨ر١-٠ .



شكل ٣٢ منحنى ارتباط الاكسجين بالدم لاسماك tench عند ٥ م ، ٢٠ م.

تاثير الفوسفات العضوى :

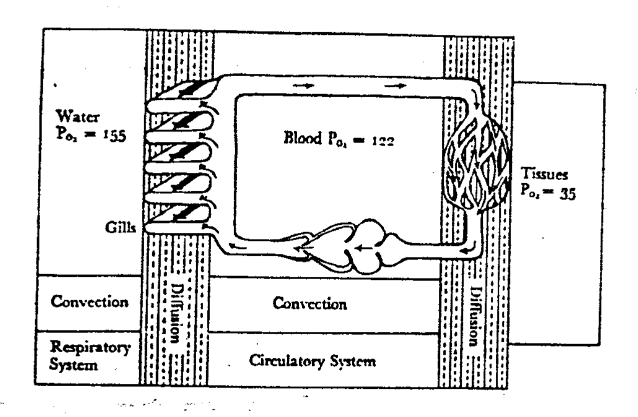
وهى ايضا هامة فى الارتباط العكسى للاكسجين مع هيموجلوبين السمكة والتركيزات الطبيعية للفوسفات العضوى يمكن ان يؤثر بعمق فى ارتباط الاكسجين بالهيموجلوبين وقد وجد ان الـ ATP اهم مركب يقوم بعملية الفسفرة فى اسماك Riogrande perch واضافة ATP يقلل من ارتباط الاكسجين ويزيد تاثير بوهر ويقوم بتغيير التداخل بين مجاميع heme وفى كرات الدم الحمراء فى اسماك المبروك فان الـ GTP يلعب دور اكبر من الـ ATP فى تنظيم ارتباط الاكسجين بالدم.

ويعتبر تخفيض تركيز الفوسفات العضوى داخل الخلايا الحمراء وسيلة فسيولوجية اخرى لتحسين كفاءة اغتراف الاكسجين فى الاسماك المعرضة للحرارة، انخفاض الاكسجين فى البيئة.

الدورة الدموية

الجهاز الدورى فى معظم الاسماك عبارة عن جهاز مغلق يتكون من القلب كمضخة تتصل بالتفرعات الدموية فى الخياشيم والشعيرات الدموية بالشرايين، الاوردة (شكل ٣٣) وعلى النقيض فان اسماك Hagfish يتميز جهازها الدورى بوجود قلوب اضافية تعمل على نفس الخط مع القلب الاصلى كذلك تختلف عن باقى الاسماك حيث يوجد لها دورة رشوية كما يحدث فيها اختلاف جزئى للدم المؤكسد والمختزل فى القلب كذلك توجد عديد من التحورات - التاقلمية فى الجهاز الدورى فى الاسماك ذات المسطحات التنفسية الاضافية فى الجلد والقناة الهضمية ومن الضرورى دراسة تشريح الجهاز الدورى لمعرفة التطورات التاقلمية التى حدثت فيه ولفهم وظيفة الدورة الدموية بدرجة افضل.

١) مـاء
٢) ضغط جزئى للاكسجين = ١٥٥
٣) خياشيم
٤) تيارات الحمل
٥) الجهاز التنفسى
٦) الانتشار
٧) الجهاز الدورى
٨) الدم
٩) الضغط جزئى للاكسجين = ١٢٢
١٠) انسجة
١١) ضغط جزئى للاكسجين = ٣٥



شكل ٣٣ مواضع انتقال الاكسجين بتيارات الحمل والانتشار فى الدورة الدموية للسمكة الضغوط الجزئية للاكسجين المذكورة هى فى الماء، الدم الوريدى والشريانى فى سمكة Salmogairdneri (Satchell, 1971).

تركيب القلب :

اندفاع الدم خلال الدورة الدموية فى معظم الاسماك العظمية والغضروفية يتكون من اربع حجرات اثنين منهم يؤثرا بدرجة كبيرة على سرعة سريان الدم وتعمل الاربع حجرات على خط واحد وتدفع الدم الشريانى ماعدا فى الاسماك القليلة التى تتنفس الهواء فان كل اندفاع الدم يكون للخياشيم وترتبط الخياشيم والقلب فى الاسماك بدرجة كبيرة حيث يقع قلب الاسماك فى الامام ابعد من كل الفقاريات ويحيط بالقلب غشاء التامور وهو غشاء اكثر تصلبا فى الاسماك الغضروفية عنه فى الاسماك العظمية.

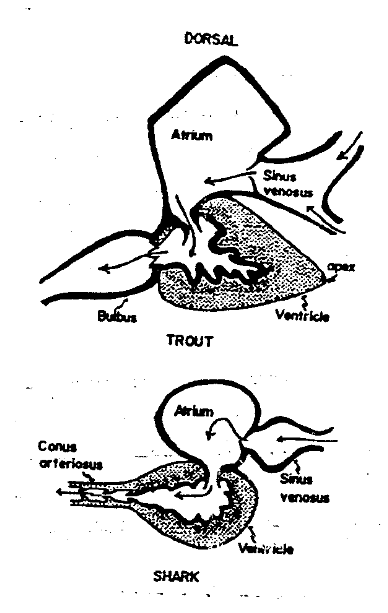
وتوجد حجرة فى قلب السمكة هى المجمع الوريدى التى تعمل كثنية تقوم بتوزيع الدم حيث تجمع فيها الدم الوريدى (من الدورة الكبدية وقناة كوفيرية) وهى حجرة ذات جدار رقيق نسبيا وتوجهه الى الاذين عبر الصمام الشريانى الحبيبى. وبينما يقوم الجيب الوريدى بالانتقال المبدئى من النبضات الناعمة الى التيار السريع نسبيا يقوم الاذين باول دور هام فى اسراع سريان الدم بالمقارنة بالجيب الوريدى فان الاذين يعتبر حجرة كبيرة نسبيا وهى تقع فى الجهة الظهرية من البطن وتؤدى لاسفل الى الحاجز الشريانى البطينى والصمام الثنائى.

والبطين ايضا حجرة كبيرة نسبيا تتميز بوجود جدران سميكة من العضلات القلبية (شكل ٣٤) وهى ذات شكل هرمى فى الاسماك الغضروفية

وذات شكل مخروطى فى الاسماك العظمية وتقع تحتها قمة المدببة للخلف وتقوم العضلات السميكة والتركيب الهندسى والكفاءة للبطين بالدور الرئيسى فى دفع تيار الدم بقوة وتتكون جدار البطين من طبقتين من العضلات والطبقة الخارجية (القشرة) تكون اكثف نسبيا (عضلة القلب) وهى تتلقى الاكسجين والمواد الغذائية من الشريان التاجى والقشرة متطورة جيدا فى الانواع النشطة مثل ترسة قوس قزح بينما الانواع الاقل حركة مثل Toadfish تكون القشرة فيها مختزلة كثيرا وتتكون البطانة الداخلية من شبكة اسفنجية تتزود بالاكسجين والمواد الغذائية بالدم الوريدى التى تقوم بدفعه.

وعلى العكس من البطين والاذين فان الغرفة الرابعة (المخروط الشريانى فى الاسماك الغضروفية واسماك لافكيات الفم والبصلة الشريانية فى الاسماك العظمية) لاتقوم باسراع حركة الدم وهى تقوم كغرفة ضاخة بتقليل الذبذبة الناتجة عن زيادة الضغط وانخفاض الاتى من البطين وتحويله الى تيار مستمر قليل التذبذب حتى يصل الى الاورطى البطنى والخياشيم وتتكون جدران البصلة من نسيج مطاط فقط وطبقات من عضلات ناعمة وتتميز بعدم وجود صمامات وعلى العكس فان المخروط الشريانى يحتوى على العديد من الصمامات مع وجود عضلات قلبية فى الجدار ويعتقدان غشاء التامور الصلب فى الغضروفية يعمل على ازالة اثر الانقباضات مما يساعد على امتلائها بالدم الوريدى والصمامات المخروطية تعمل على عدم عودة الدم الى القلب خلال الفترة بين انقباضتين والمخروط الشريانى تطور ضعيف فى الاسماك مستديرات الفم التى تحتوى على زوج واحد من الصمامات.

واهم الفروق فى تركيب القلب فى اسماك Lungfish والرمائيات هو وجود قسم جزئى فى قلب Lungfish يصاحب اعادة الدم منفصلا (وريد رئوى) على الجانب الايسر للقلب من الرئتين وينشا هذا من الدائرة الوعائية الرئوية الخاصة التى توجد على التوازى مع الدورة الجهازية العادية (للجسم) والدورة المتفرعة (للخياشيم) وهذا الجزء يقوم (القسم الجزئى) بتحريك الدم الوريدى والشريانى خلال البصلة القلبية التى تعمل على فصل تيارى الدم بواسطة حواف لولبية التى تلتف على امتداد محورها. ويتجه الدم الشريانى الى الجسم بينما يمر الدم الوريدى خلال الخياشيم العاملة وبعض هذا الدم يدخل الى الرئة ويعتمد امتداد الفصل بين الدم الوريدى، الشريانى داخل القلب على درجة الاعتماد على التنفس الهوائى وتظهر سمكة Lungfish التى لاتستطيع الاستمرار طويلا معرضة للهواء اقل درجة من الفصل اما اسماك African and South-American Lungfish التى تتعرض لفترات دورية من الجفاف فى بيئاتها الطبيعية تظهر فصل كامل للتيارين.

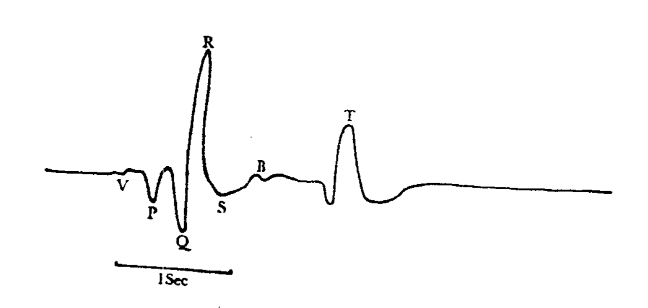


شكل (٣٤) رسم القلب
السالمون المرقط (سمك عظمى)
القرش (سمك غضروفى)
(Randall, 1968)

النشاط الكهربى لعضلة القلب:

كما هو معروف فى الفقاريات فان معظم قلوب الاسماك لاتحتاج لتنبيهات عصبية من المخ لكل ضربه قلب تظهر نشاط كهربى معقد لعضلة القلب على شكل موجات وبالرغم من عدم معرفة المكان الفعلى للعقد الاولية فان المعلومات التى درست فى الاسماك العظمية تدل على وجود جزر من الخلايا المنظمة للنبضات فى الجيب الوريدى الاذين واوضح Kisch (1948) انه توجد عدة مناطق فى عضلة القلب تظهر نشاط كهربى.

والرسم الكهرباشى لعضلة القلب يظهر التغيرات الكهربائية التى تحدث خلال دورة القلب وذلك بواسطة زرع قطبين كهربيين تحت الجلد وتتصل الاقطاب بجهاز تكبير وجهاز رسم (شكل ٣٥) وهو يوضح رسم كهرباشى لقلب سمكة غضروفية من انواع القرش ويظهر من التتابع الزمنى لانقباضات غرف القلب (عدم الاستقطاب) الحركة التوافقية داخل القلب.



شكل رقم ٣٥
رسم قلب لسمكة قرش من نوع PortKockson (Satchell, 1971)

غرفة القلب المنقبضة	الموجة
الجيب الوريدى	V
الاذين	P
البطين	QRS
المخروط الشريانى (اسماك غضروفية فقط)	B

اما الموجة فهى عادة الوحيدة التى توضع النشاط الكهربى لاعادة استقطاب عضلات البطين.

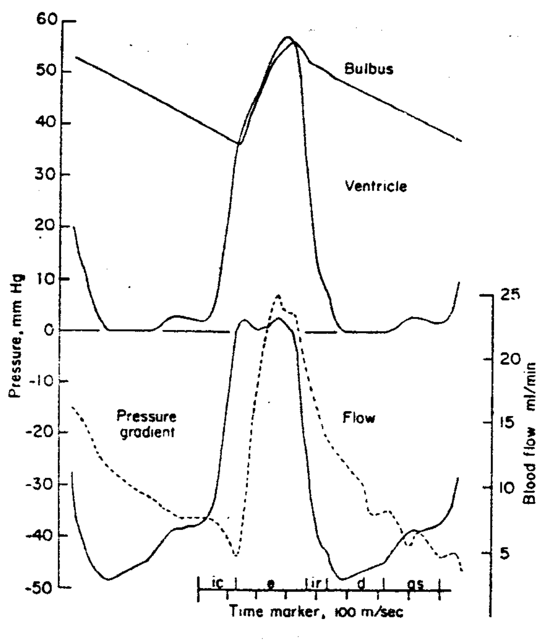
تيار الدم :

عند دفع الدم من البطين القلب فان تيار الدم فى الاورطى البطنى يسير على هيئة دفعات متعاقبة من الانقباض والارتباط.

ويظهر فى شكل (٣٦) قيام تاثير اضعاف الذبذبة الناتجة من ضغط البصلة الشريانية ويأخذ الضغط شكل موجات من الانقباض والارتباط التى تظهر ايضا فى الاورطى الظهرى وكذلك فى تفرعات الخياشيم التى تقلل الضغط الى ٢٥ر ، ٧٥ر وعلى سبيل المثال فى اسماك فان ضغط البصلة الشريانية يبلغ ٢٩ مم زئبق وضغط الاورطى الظهرى، ٢٢ مم زئبق ويمثل هذا الفرق (٧ مم زئبق) ٢٤ ٪ انخفاض فى الضغط حدث داخل الخياشيم.

وضغوط الدم فى سمكة منخفضة جدا نتيجة لوجود عدة قلوب اضافية وتعمل هذه القلوب المختلفة مستقلة عن بعضها لنشر الدم فى الاجزاء المختلفة من الجسم.

اتجاه الدم	مصدر الدم	قلب
الاورطى	البطن الجسم ، الكبد	خيشومى
الكبد	القناة الهضمية،	
	الوريد الرئيسى الامامى	بوالى
الجزء الامامى		
من الجسم	الجيوب الجلدية	ذيلى



شكل ٣٦

تسجيل لضغط الدم خلال ضربة قلب واحدة لسمكة (٢ كيلو جرام / ١٥ م) .(Steven et al., 1972)

ويتكون القلب الخلفى لاسماك من لوحة غضروفية، عضلة هيكلية متصلة به بطول زوج من الاكياس الجانبية بها صمامات لتنظيم اتجاه الدم وتعمل حركة العضلات على دفع الدم للامام وتشارك تموجات الجسم اثناء السباحة فى دفع تيار الدم فى الاسماك العليا وقد سجل زيادة تيار الدم فى الوريد الذيلى لبعض اسماك القرش وذلك عند تنبيه الجسم كهربيا ليقوم بحركات تشابه حركات السباحة كما وجد ايضا صمامات فى

الوريد الذيلى تسمح بمرور الدم للامام فقط كما وصفت هذه الصمامات ايضا فى وريد الحلقة البطنية الذيلية للترسة البنى وقد اظهرت دراسات القلب المعزول ان زيادة حجم الدم الراجع من الاوردة يزيد قوة الانقباض فى القلب عن طريق مستقبلات الشد فى جدار عضلة القلب تعمل زيادة الدم الراجع الى زيادة حجم الدم المدفوع من القلب لكل انقباضة (حجم ضربة القلب) وحجم ضربة القلب ومعدل ضربات القلب يحددا معدل دوران الدم فى الجسم (خرج القلب).

التحكم فى القلب والاوعية الدموية:

تتحكم الاسماك فى القلب والاوعية الدموية بعدة وسائل عصبية وغير عصبية والدم الراجع من الوريد والذى يمكن تحديده بواسطة عوامل عديد يعتبر واحد من هذه الوسائل.

الوسائل الغير عصبية فى التحكم فى القلب والاوعية الدموية: وهو يتاثر بالتغير فى حجم الدم وذلك للاستجابة المباشرة لعضلة القلب للتغير فى الحرارة وبافرازات اعضاء مختلفة كما تؤثر حركات السباحة فى انواع معينة فى حجم الدم الذى يؤثر بدوره فى حجم الدم الراجع وتحريك الدم الى الدورة العامة يرتبط بالطحال والكبد، جيوب الدم فى الانواع المختلفة وتعمل الحرارة كمنظم غير عصبى للدورة الدموية بتوجيه فعل منبهات الانقباض فى عضلة القلب ويوضح جدول ٩ تاثير الحرارة على زيادة معدل ضربات القلب فى اسماك Winter flounder عند زيادة حرارة الماء من ١٠ - ١٥ م وتسبب زيادة معدل ضربات القلب هذه زيادة فى الدم الخارج من القلب عند درجات الحرارة السابقة بالرغم من عدم تغير كمية الدم المدفوعة فى الانقباض الواحدة (جدول ٩).

وهذه الزيادة فى تيار الدم تسبب زيادة تسليم الاكسجين فى الجسم كله الذى يعمل على معدل تمثيل عالى (جدول ٩) عند درجة الحرارة الادفا. وتعتبر الهرمونات التى تؤثر على القلب، الانقباض، الانبساط النسبى فى اوعية الدم كعامل اساسى فى المنظمات الغير عصبية للقلب والاوعية الدموية فى الاسماك وتعمل هرمونات Catecholamines مثل الايبى نفرين على التاثير على كل من القلب مقاومة تيار الدم فى الاوعية الوريدية المختلفة واوضح Nakano and Tomlinson سنة ١٩٦٧ ان مستويات الايبى نفرين، النورايبى نفرين تزيد مع الحركة فى ترسة قوس قزح وينبه الايبى نفرين زيادة معدل ضربات القلب عند درجات الحرارة المنخفضة نسبيا (٦ م) وكذلك ينبه زيادة حجم ضربة القلب فى المياه الادفا (١٥ م).

جدول (٩): قيم متغيرات القلب والاوعية الدموية لسمكة Winter Flounder فى درجات حرارة الربيع، الخريف

المتغير	الوحدة	المتوسط ± الخطأ القياسى (مع عدد الاسماك) عند ١٠ م	١٥ م	مستوى المعنوية
معدل ضربات القلب	ضربة/قلب	٣٥±١(١٨)	٦٢± ٢ر١٨)	اكبر من ٠١ر
معدل استهلاك الاكسجين	سم/كيلو/دقيقة	٣٩ر± ٠٢(٢٠)	٦٦ر± ٠٣ر(٢٠)	* * *
خرج القلب	سم/دقيقة/كيلو	١ر٢٣±٦ر١(١٦)	٢ر٣٦±٦ر٤(١٦)	* * *
حجم ضربات القلب	سم/ضربة	٦٨ر±٠٧ر١( )	٦ر±(١٥)	غير معنوى
وزن الجسم	جرام	٦٣٥ ±٤٠(٢٠)	٦٨١ ±٤٢(٢٠)	* *

HR = معدل ضربات القلب = معدل استهلاك الاكسجين = خرج القلب
QSR = حجم ضربة القلب

والدراسات باستعمال العوامل المبسطة (اندرال) اثبتت ان هناك مستقبلات فى القلب حساسة للايبى نفرين وتعمل الحرارة وشد عقلة القلب والايبى نفرين كعوامل متحكمة تحدد نسبة ضربات القلب الى حجم الضربة المميزة تحت الظروف المختلفة. الدراسات الاخرى اظهرت ان المستقبلات الحساسة للنورايبى نفرين تعمل اساسا على انقباض الاوعية الجهازية بينما المستقبلات الحساسة للايبى نفرين تعمل على توسيع الاوعية الدموية فى الخياشيم فى ترسة قوس قزح.

التحكم العصبى فى القلب والاوعية الدموية: الاتصال العصبى لكل الاسماك ماعدا Lungfish يتم عن طريق فرع من العصب المخى العاشر (الحائر) وتنبيه العصب الحائر فى الاسماك الدائرية للفم يسبب زيادة ضربات القلب بينما فى الاسماك الغضروفية والعظمية يسبب تنبيه هذا العصب ابطاء ضربات القلب وهذا التنبيه يشابه فى تاثير الاستيل كولين (وهو مادة تنقل النبضات العصبية بين الخلايا العصبية) وهذه الالياف تسمى Cholinergic اى التى تتاثر بالاستيل كولين وتوجد العديد من العوامل التى تؤثر على مستوى فعل العصب الحائر بالرغم من اختلاف مستوى التاثير بين الانواع. تؤثر ومضات الضوء، الحركة المفاجئة للاشياء والظلال وللمس والذبذبة الميكانيكية عادة على الاعصاب وتقلل من ضربات القلب فى الاسماك العظمية والغضروفية بزيادة معدل تاثير

العصب الحائر. وحقن الاتروبين كافى لايقاف فعل تاثير الاستيل كولين (الامداد العصبى للعصب الحائر للقلب) ووجد انه لايوجد مستوى لتاثير العصب الحائر فى ترسة قوس قزح فى حالة الراحة ولكن الحقن بالاتروبين فى اسماك Largescal sucker تزيد من ضربات القلب فى حالة الراحة من ٣٨ - ٥٥ ضربة/دقيقة وفى حالة السباحة فى هذه الاسماك فان ضربات القلب تزيد لتنشيط مستوى تاثر العصب الحائر كما توجد فى ترسة قوس قزح الياف للتنبيه (بجانب الياف التنشيط) من العصب الحائر كعامل اضافى للتحكم. وجود هذا العقد فى وسائل التحكم فى الاسماك يجعل الدورة الدموية مرنة لتقابل التغيرات فى البيئة فعلى سبيل المثال انخفاض الـ O_2 فى البيئة يقلل معل ضربات القلب وزيادة حجم ضربة القلب وزيادة المقاومة الطرفية فى الاوعية الدموية الجهازية والخيشومية وبالتال يحسن من كفاءة تبادل الغازات فى العديد من الاسماك العظمية والغضروفية والتغير فى كفاءة تبادل الغازات قد يرتبط بالتغيرات فى توزيع الدم فى الخياشيم وقد لوحظ عند تعرض اسماك California flying fish للهواء يحدث لها انخفاض عكسى فى ضربات القلب ولهذا النوع خياشيم (قياسية) وتتعرض للجو لاوقات قصيرة (حوالى ٤٢ ثانية) وعلى العكس فاسماك Indian climbing perch التى بها عضوالتيه المتخصصة Labyrinthine organ فى تنفس الهواء والتى تقضى الكثير من وقتها خارج الماء تظهر زيادة مبدئية فى ضربات القلب بمجرد افتر هواء التنفس.

وهذه الانواع من دورات الدم قد ترتبط بزيادة اغتراف الاكسجين ثم تركى عند الانسجة ومن المحتمل توفير طاقة القلب فى حالة تخفيض ضربات القلب وبالطبع للفهم الافضل للاستجابة الفسيولوجية للاسماك لانخفاض الاكسجين (او اى تغيير اخر) فيجب الاخذ فى الاعتبار دراسة الجهاز التنفسى والدورى وتركيب الدم والاجهزة الاخرى التى تتاثر بنفس هذه العوامل وظاهريا فان المستقبلات تشعر بمستوى الاكسجين المنخفض وبالتالى تخفض من ضربات القلب وتزيد من تبادل الغازات فى الخياشيم التى تقع فى الجزء الظهرى من اول قوس خيشومى فى ترسة قوس قزح وقد اوضح Sing (1976) اهمية مستقبلات بجانب الاكسجين فى الاسماك التى تتنفس الهواء.

وعند اغلاق عدة فتحات خيشومية جراحيا فى اسماك القرش لمنع التنفس فان الدم يتجه بعيدا منها الى الخياشيم التى تتنفس الهواء وبما ان مقاومة الاوعية تعتبر دالة للاس الرابع لقطر الوعاء فان الانقباض والانبساط فى الدقيقة سيؤثر معنويا على المقاومة الطرفية وسريان الدم وهكذا فان اسماك Dogfish تحتفظ بنجاح بنسبة سريان الدم والتى تبلغ ١ : ١٠ الى ١ : ٢٠ وذلك لان محتوى الدم من الاكسجين تبلغ من ١٠ ال ٢٠ مرة محتوى الماء وبالتالى فان سريان تيار الدم والماء معا يعملان بكفاءة على انتشار الاكسجين.

البـاب السـادس

إنتاج الكهرباء والضوء فى الاسماك

Production of electricity and bioluminecence in fishes

انتاج الكهرباء:

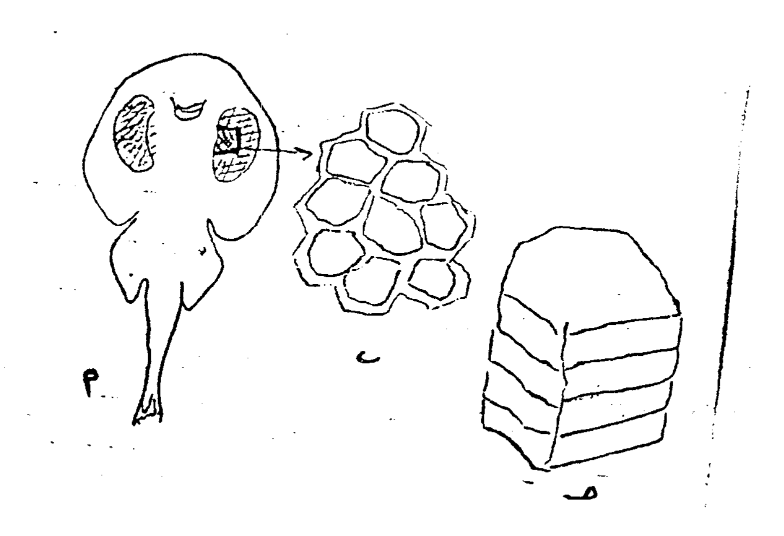
عرفت منذ وقت طويل ثلاثة انواع من الاسماك التى تولد صدمات كهربائية قوية رغم ان طبيعة هذه القوة كانت غامضة بالنسبة للقدماء. فمثلا القوابع الكهربائية من عائلة الرعاء قيل انها استعملت من قبل الاطباء الرومان القدماء بشكل بدائى فى المعالجة الكهربائية. ولوحظ ان لها اسماء عربية هو "ابو الرعد" وفى امريكا الجنوبية يوجد ثعبان السمك الكهربى electrophorus electricus وهو اقواهم كهربائيا جميعا وكان معروفا للسكان المحليين بشكل جيد قبل ان يكتشفه من قبل المكتشفين الاوروبيين. مجاميع اخرى ذات قوى كهربائية اضعف ثبت انها كهربائية فقط بعد ان تطورت سبل دراسة الكهربية. كذلك القوى الكهربائية القوية لسمك المنجم الكهربائى لم يتم التعرف عليها حتى القرن العشرون.

وعموما فان هناك عشر عائلات تمثل ست رتب تم تمييزها كاسماك لها اعضاء كهربائية وعائلة اخرى هى عائلة القرش وجد انها تنظم مجالا كهربائيا حول الراس ولكن منشا هذا المجال غير معروف للان.

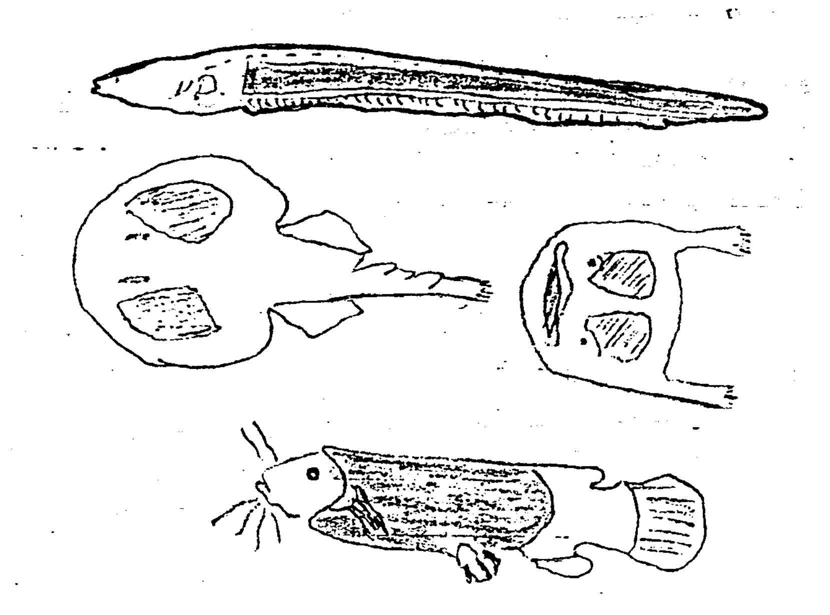
العائلات قوية الكهربية تشمل عائلة الرعاء و عائلة القرموط الكهربى وعائلة حاملات الكهرباء وعائلة اسماك الفلكيات. تنتشر القوابع الكهربية انتشارا واسعا فى المياه البحرية والبعض منها يعيش على اعماق كبيرة وهى قاعية وبطيئة الحركة وبعض انواعها الكبيرة الحجم مثل Torpedo nobilliana قادرة على ان تولد صدمة كهربية بقوة ٢٢٠ فولت. اسماك القرموط الكهربية التى تعيش فى المياه المعتمة للانهار الافريقية يصل طولها الى حوالى المتر وتنتج صدمة بقوة ٣٥٠ فولت. هناك ايضا نوع يعيش فى نهر الامزون وهى ثعبان السمك الكهربائى وهو من الاسماك الخاملة مثل سابقيها وتعيش فى مياه معتمة قليلة الشفافية وهى اسماك كبيرة نسبيا وصل طول احد العينات الى ٣ امتار وتنتج صدمات كهربية تصل الى ٦٥٠ فولتا وهو الحد الاقصى فى حين ان متوسط قوة الصدمة الكهربية لهذا النوع هو ٣٥٠ فولت. الاسماك المنجمة الكهربائية اسماك بحرية تعيش غرب المحيط الاطلسى وتعتاد الحفر فى الرمال وتستطيع ان تولد ٥٠ فولتا الاسماك ضعيفة الكهربية تدخل ضمن عائلات موجودة فى المياه الاستوائية العذبة، ولكن

احدها بحرى وهى معظمها قاعية او شبة قاعية وهى الى حد ما خاملة. عائلة القوبعيات معروفة جدا وهى موجودة فى كل محيطات العالم تقريبا وتضم احجاما تتدرج من الصغير حتى المتوسطة. عائلة المرمار واسماك الفيل وشبيهاتها وهى من اسماك المياه العذبة الافريقية وكذلك شبيهاتها من اسماك عائلة عارية الخياشيم العديد منها ليلى المعيشة واغلبها يعيش فى مياه قليلة الشفافية. فى المياه العذبة لامريكا الجنوبية تؤلف الاسماك العارية مجموعة مشابهة جزئيا من الناحية البيئية لمجموعة المرمار الافريقية وتشتمل مجموعة الاسماك الكهربية هناك على عائلة الاسماك العارية وعائلة عديمة الزعانف الظهرية وعائلة الاسماك المنقارية.

تتكون الاعضاء الكهرباثية من خلايا متخصصة تسمى الخلايا الكهرباثية electrocytes نشات اصلا من خلايا عضلية. الخلايا الكهرباثية رفيعة ومنتظمة على شكل رقائق فى شكل حزم وتتوقف على شكل واتجاه العضو الكهربى كما فى شكل (٣٧).



شكل ٣٧
أ - منظر بطنى للقوبع الكهربى Torpedo يوضح موضع الاعضاء الكهربية
ب - شكل الخلايا الكهربية من اسفل
جـ - ترتيب حزمة من الخلايا الكهرباثية



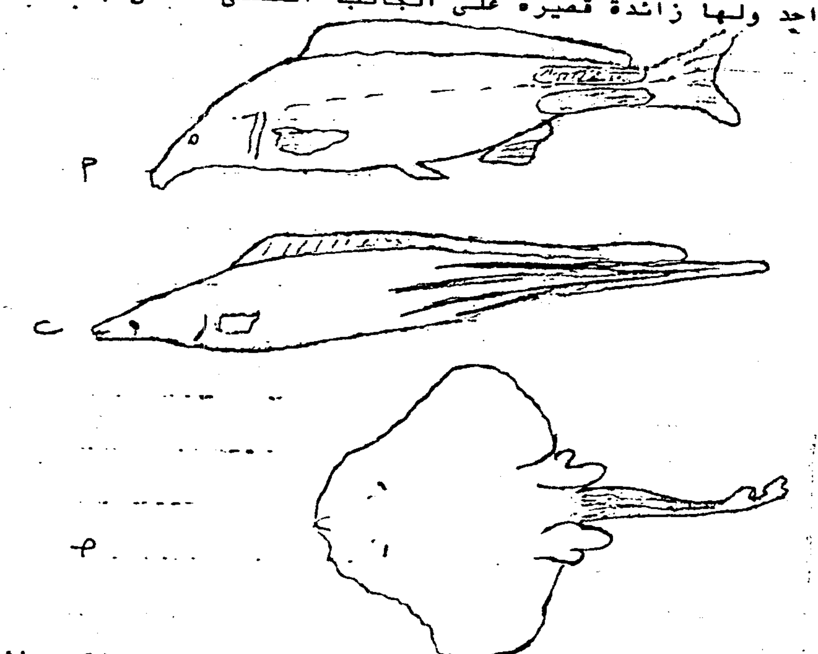
شكل ٣٨ يبين مواقع الاعضاء الكهربية فى الاسماك قوية الكهرباء.

أ - شعبان السمك الكهربى جنس Electrophorus
ب - القويبع الكهربى جنس Torpedo
جـ - المخيم جنس Uranoscopus
ء - القرموط الكهرباشى جنس Malapterurus

فى الخلية الكهربية النموذجية يكون احد الاسطح مزودا بالاعصاب بكثافة كبيرة بينما يكون السطح المقابل غير منتظم ويحتوى على العديد من البروزات ذات الشكل الحلمى وتحاط حزم او اعمدة الخلايا الكهرباشية بمادة هلامية. الاعضاء الكهربية بالاسماك تكون غنية بالاوعية الدموية والاعصاب والانسجة الرابطة. فى القوابع تكون الخلايا الكهربية فى صورتين اما مسطحة او كاسية الشكل وهى ليست محزومة بقوة وفى بعض الانواع تحتفظ الحزم بخطوط من الخلايا العضلية. وتختلف عائلة عديمة الزعانف الظهرية عن الاسماك الكهربية الاخرى فى ان خلاياها الكهربية تحورت الى اعصاب شوكية فى حين ان الخلايا الكهربية ذات المنشا العضلى اختفت تماما. هذه الاشواك العصبية تدخل الى العضو الكهربى وتتقدم للامام ثم تتجه الى الخلف ويمكن ان تصل اقطارها الى اكثر من ١٠٠ ميكرون وذلك فى القطاعات المأخوذة فى كلا الاقسام المتقدمة او المقلوبة منها.

يعتبر ثعبان السمك الكهربى شكل من الاسماك قوية الكهربية حيث يوجد له ثلاثة اعضاء كهربية منفصلة تؤلف جزءا كبيرا من جسمه الجزء اسفل المنطقة الترتيبية الطويلة يتكون بشكل اساسى من العضو الكهربى الرئيسى بينما يمتد اصغر الاعضاء الكهربية وهو عضو هنتر Organ of Hunter على الناحية البطنية اما العضو الثالث وهو عضو ساكس Organ of sachs يكون الى الخلف من العضو الرئيسى. وهذه الاعضاء الثلاث تكونت من الجهاز العضلى المحورى وتكون الخلايا الكهربية شريطية الشكل منضغطة من الجهتين الامامية والخلفية وتمتد من الحاجز الوسطى خارجة باتجاه الجلد. السمكة البالغة الكبيرة تحتوى على اكثر من مائة الف خلية كهربائية على كل جانب من العضو الكهربى الرئيسى ويمكن ان يكون هناك حتى ٦٠٠٠ صف عمودى تضم اعدادا تصل الى ٢٥ خلية شريطية الشكل والسطح الظهرى للخلية الكهربية يزود بالاعصاب الشوكية ومسار التيار فى العضو يكون من الخلف للامام مع تيار معاكس فى الماء المحيط.

يقع العضو الكهربائى فى اسماك القرموط الكهربى فى الجلد ويغطى معظم عضلات الجسم. الخلايا الكهربية قرصية ويبلغ قطرها حوالى مليمتر واحد ولها زائدة قصيرة على الجانب الخلفى الفنى بالاعصاب.



شكل (٣٩) اشكال توضيحية تبين مواقع الاعضاء الكهربائية فى الاسماك ضعيفة الكهربية.
ا - عائلة المرمار ب - عائلة عارية الخياشيم
ج - القوابع

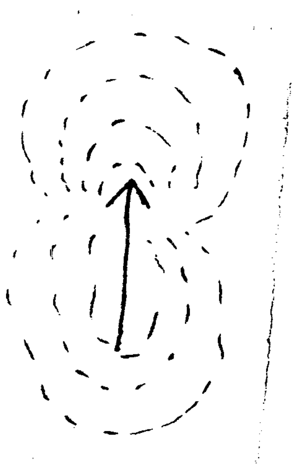
ويزود كل جانب من الاعصاب بفروع الياف عصبية كبيرة تخرج من الجزء الامامي من الحبل الشوكي. المنشا الجنيني للعضو هو العضلات الحوضية ومسرى التيار يكون من الامام الى الخلف.

للقوابع الكهربائية عضو كهربائي كبير يشبه الكلية على جانبي قرص الراس خلف الراس والخياشيم. اعمدة الخلايا الكهربائية سداسية الاضلاع او الدائرية غير المنتظمة التي يتكون منها العضو فهي تتجه عموديا وتصل من السطح الاعلى الى السطح الاسفل. تشتق الخلايا الكهربائية والتي يصل قطرها في بعض الانواع الى ٧ ملم من الجهاز العضلي. يكون مسار التيار من اسفل لاعلى. في الجنس Marcine يوجد عضو ملحق يقع خلف كل من الاعضاء الرئيسية. اسماك المنجم مثلها مثل القوابع الكهربائية تمتلك اعضاء كهربائية مضغوطة من اعلى ومن اسفل في منطقة الراس وتقع الاعضاء الصغيرة نسبيا الى الخلف من العيون وتكون مشتقة من عضلات العيون. قد تصل اقطار الخلايا الكهربائية المسطحة في هذه الانواع الى ٥ ملم واتجاه التيار من اعلى لاسفل.

تميل الاسماك ضعيفة الكهربية الى امتلاك عضو كهربائي واحد او اكثر على طول كل جانب من المنطقة الذيلية شكل (٣٩) مجموعة اسماك المرمار لها عمودان من الخلايا على كل جانب من الذيل ولاسماك عارية الخياشيم اربعة اعمدة رقيقة في النصف الخلفي للمنطقة الذيلية بينما تزود القوابع بزوج واحد يمتد على معظم المنطقة الذيلية في الاسماك من جنس Gymnotus تمتد الاعضاء الكهربية من اسفل الراس الى نهاية الذيل مارة على طول الخط البطني للجسم. بالاضافة الى ذلك فان البعض مثل جنس Steatogenys وجنس Gymnorhamphichthys لها اعضاء صغيرة تحت جلد الفم. يمتلك جنس Steatogenys عضوا صغيرا اخر في المنطقة الحوضية. لمجموعة عديمة الزعانف الظهرية اعضاء كهربائية جانبية تمتد من فوق الزعنفة الحوضية الى قاعدة الزعنفة.

يبدو ان وظيفة الاعضاء الكهربية القوية هي صعق الفريسة وتثبيط همه الدخلاء او المفترسين المنافسين للحصول على الفريسة امرا ملاحظ في اسماك الرعاد ويبدو كذلك استعمال العضو الكهربائي في الانواع الاخرى لنفس الغرض امرا واردا اذا ماوضعنا في الاعتبار الظروف التي تعيش فيها الانواع الاخرى حيث يلاحظ ان مثل هذه الانواع بطيئة الحركة ساكنة تعيش قرب القاع في ظروف تسمح للفريسة بالاقتراب دون حذر. مثلا اسماك المنجم على وجه الخصوص عليها التخفي بشكل جيد سامحة للقشريات او الاسماك الصغيرة بالتحرك في الرمال التي تكون تلك المفترسات مدفونة تحتها.

تؤدى الكهرباء فى الاسماك ضعيفة الكهربية الوظيفة المدهشة المتمثلة فى تحديد الموقع كهرباتيا electrolocation للاشياء القريبة، عدا القوابع حيث تكون الوظيفة فيها غير معروفة. تعيش اسماك المرمار وعارية الخياشيم والاسماك العارية فى مياه عكرة وبعضها ليلية النشاط مما يسبب محدودية فى استعمال الابصار بالنسبة لها. بعض الاسماك الغير كهربية تستخدم الحواس الاخرى مثل السمع والشم والاستقبال الميكانيكى للخط الجانبى فى حركتها وتوجيهها اما الاسماك الكهربية تمتلك بالاضافة الى ذلك نظاما لتوليد وكشف المجالات الكهرباتية وهو مايميزها عن غيرها. الاسماك الكهربية تحافظ معظم الوقت على صلابة واستقامة اجسامها وتعتمد فى حركتها فقط على تموجات الزعانف حيث يضمن الشكل المستقيم المنفرد لها تناظر المجال الكهربى كما فى شكل (٤٠) والتداخل مع هذا المجال او تغييره من قبل جسم غريب يمكن ان يكتشف بواسطة عضو خاص مما ينبه السمكة الى الموقف فى الوسط المحيط حولها.



شكل (٤٠)

بالاضافة الى ذلك فان النبضات الكهربية المرسلة من احد الانواع او الاسماك يمكن ان تحسها اسماك اخرى لها مستقبلات مناسبة electroreceptors وفى ذلك نوعا خاصا من الاتصالات.

يختلف تفريغ شحنات الاعضاء الكهرباتية فى الانواع المختلفة، فالتردد والخواص الاخرى للنبض او الموجات يختلف من نوع الى اخر رغم ان للعديد من الاسماك الكهرباتية القدرة على تغيير او التحكم فى التفريغ الى حد ما. اظهرت اجهزة رسم الذبذبات oscillograph خطوطا ذات اشكال وارتفاعات مميزة لبعض انواع الاسماك. فمثلا الارشادات المنبعثة من مجموعة المرمار ومعظم الاسماك العارية تكون نبضية بينما

يفرغ النوع Gymnarchus niloticus وبعض الاسماك العارية مثل جنس stenopygus والجنس Aptronotus والجنس Eizenmannia الاشارات فى شكل موجات.

تفرغ اسماك المرمار المختلفة من ١-٦ نبضات فى الدقيقة كقاعدة ولكنها يمكنها تعجيل النبضات الى حوالى ١٣٠ نبضة فى الدقيقة وتتراوح الفولتية فى هذه الاسماك بصورة عامة بين ٩-١٦ فولت تقريبا. سجل الجنس Gymnarchus فولتية تبلغ ٤-٧ فولت بمعدل حوالى ٣٠٠ نبضة فى الثانية سجل بعض الباحثون مدى واسع لتردد النبضات فى الاسماك العارية تتراوح بين ٢-١٠٠٠ فى الثانية.

تشترك كل الاسماك الكهربائية رغم اختلاف مجاميعها التصنيفية بخواص متميزة محددة. فهى بشكل عام بطيئة الحركة او خاملة وتنشط خلال الليل او فى المياه المعتمة قليلة الرؤية لها جلد سميك يعمل كعازل جيد ومعظمها يمتلك عيونا صغيرة وبعضها تكون عمياء مثل اسماك الرعاد. التحورات الواضحة فى مخ الاسماك التى تمتلك اجهزة حسية كهربائية ميزت هذه المجموعة عن بقية المجاميع وبشكل عام يكون المخيخ كبيرا خاصة فى مجموعة المرمار.

الاضاءة الحيوية Biolumineseence in fish:

تمتلك العديد من الكائنات الحية البرية والبحرية القدرة على انتاج الضوء ومن هذه الكائنات البكتريا والفطريات والسوطيات وبعض القواقع والمحاريات والقشريات والديدان عديد الاهداب والحشرات ونجوم البحر الهشة والاسماك بالاضافة الى احياء اخرى غيرها.

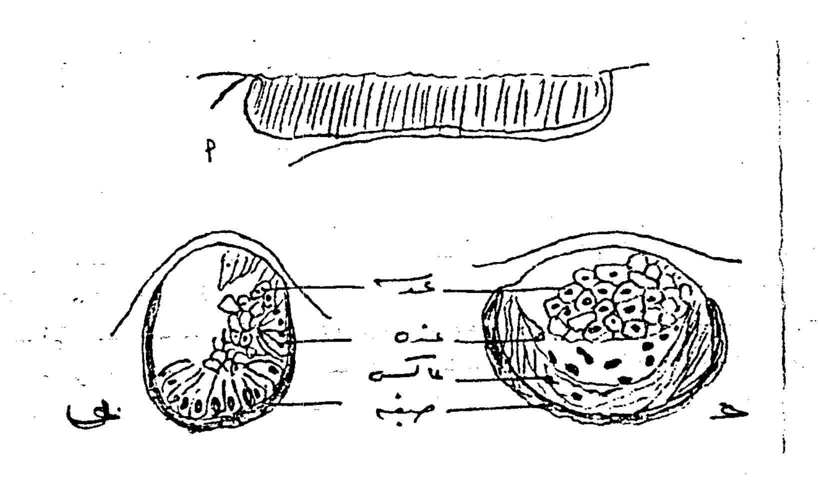
بالنسبة للمياه العذبة عرف فقط كائن واحد وهو البطلينوس من جنس Latia فى نيوزلندة بكونه مضيئا. معروف للانسان جيدا تلك الاضاءة الفوسفورية على سطح المحيط والتى تسببها مجموعة من الاحياء الصغيرة مثل قديرة الاسواط Noctiluca والدرعيات Cyprodina.

هناك بضع اسماك مضيئة تقيم بشكل دائم فى المياه الضحلة ولكن الغالبية تعيش فى المياه متوسطة العمق او العميقة والعديد منها يتحرك الى السطح كجزء من هجرة التغذية الليلية. يبدو ان معظم الاسماك الحاملة للضوء تعيش فى مناطق الضوء الخافت بالمحيط وغالبا ماتوجد على اعماق تتراوح من ٣٠٠ الى ١٠٠٠ متر. فى بعض المناطق اظهرت الدراسات ان اكثر من ٦٠٪ من الانواع واكثر من ٩٠٪ من الافراد التى جمعت كانت مضيئة. لوحظت القدرة على انتاج الضوء فى ٤٢ عائلة

من الاسماك على الاقل وهى فى معظمها من الاسماك كاملة التعظم الحديثة اذ تعرف فقط عائلتان منتجتان للضوء ضمن الاسماك الغضروفية ولم يعرف للان اى نوع من القروش ينتج ضوءا.

ضمن الاسماك كاملة التعظم الحديثة هناك مدى واسع من العائلات التى تمتلك ظاهرة الاضاءة البيولوجية تمتد من عائلة السلمون رخوة الاشعة الى شوكية الزعانف والاسماك الصائدة. وتمتلك الاسماك الغنارية (عائلة الاسماك المضيئة) اجناسا وانواعا مضيئة اكثر من اى عائلة اخرى.

ينتج الضوء كيماويا بدون حرارة وذلك بتفاعل انزيم ليوسفريز Luciferase مع مادة ليوسيفرين Luciferin (هيتروسايكلك فينول) ويتم ذلك فى وجود مصدر اوكسجين وفى وجود ATP ايضا. يبدو انه يوجد اختلافات كبيرة بين الاسماك فى نظام ليوسفرين-ليوسيفريز وهناك الكثير من الغموض الذى لابد من كشفه حول كمياء عملية انتاج الضوء. يتم انتاج الضوء فى اعضاء خاصة تسمى حاملات الضوء Photophores (شكل ٤١).



شكل (٤١): يوضح مثال لاحدى حاملات الضوء

أ - نوع تربى فيه البكتريا المضيئة فى تراكيب انبوبية

ب - عضو مضىء ذاتيا مع عدسة وغشاء صبغ

ج - عضو مضىء ذاتيا مع عدسة وعاكس غشاء صبغ

رغم ان معظم الاسماك المضيئة تنتج ضياءها بنفسها (مضيئة ذاتيا) فان العديد منها يعتمد على بكتريا متعايشة ترى فى تراكيب خاصة شبيهة بالغدد. وترتبط هذه التراكيب التى تحمل البكتريا مع جدار الجسم البطنى او المخرج او اعضاء الهضم. ومن امثلة التراكيب المضيئة عند او حول فتحة المخرج او على طول السطح البطنى قريبا من فتحة المخرج لكل من اسماك الغرناء (عائلة الغرناء) وبعض اسماك الكود (عائلة الكود) والاسماك الخشنة (عائلة الاسماك الخشنة). فى بعض هذه الانواع يسمح غشاء هلامى تحت الجلد للضوء بالانتشار فى مساحة كبيرة نسبيا.

تطلق بعض الغدد المضيئة مواد مضيئة يمكن ان تنتشر على السطح الخارجة للسمكة. للاسماك منزلقة الفم (عائلة ناعمة الفكوك) غدة ضوء بكتيرية حول المرىء وعدسة لتركيز الضوء وتوجيهه نحو المثانة الهوائية مزودة بتركيب يشبه حاجب به صبغات عكسية.

محجب الضوء:

من الاسماك الاخرى ذات الضياء البكتيرى المرتبط مع الجهاز الهضمى او المخرج او العضلات البطنية الاسماك مضيئة البطون وبعض اسماك ديك البحر. معظم الاسماك يمكنها اضاءة المناطق الصدرية او البطنية وذلك لوجود عاكسات داخلية ونسيج شفاف تحت الجلد.

تحمل الاسماك مضيئات العيون اعضاءا للضياء البكتيرى تحت العيون واكثر انواعها المعروفة النوعية Photoblepharon palpebratus, Anomalops kaptotron وكلاهما من اسماك المياه الضحلة توجد فى الغالب فى منطقة بحر باندا فى اندونيسيا. وقد لوحظ النوع الثانى وهو يرسل الضياء على هيئة ومضات بشكل منتظم بادارة عضو الضوء الى الداخل والى اسفل داخل جيب اسود به صبغة تحت العين.

اما النوع الاول فيرمى ضوءا اكثر ثباتا ولكنه يمكن ان يطفىء الضوء بسحب طيه من نسيج لونه اسود فوقه.

معظم الاعضاء فى رتبة الاسماك القرنية الثانوية والتى تعيش فى المياه العميقة تكون مضيئة ولها ضوء على الزوائد اللمسية وفى اماكن اخرى من الجسم وقد ثبت حديثا ان مصدر الضوء بها بكتريا مضيئة.

تمتلك الاسماك ذاتية الاضاءة غالبا سلسلة من اعضاء الضوء على طول الخط البطنى من الجسم والتى توجه الضوء الى اسفل وعلى ذلك فان لبعضها اضواءا ظهرية وللعديد من اسماك التربيدى تجمعات من اعضاء ضوئية صغيرة وبسيطة على طول السطح الظهرى تسمح للسمكة بان تكون محاطة من اعلى بالضوء بالكامل والبعض يمتلك اعضاء ضوء ضمن الفم وكذلك على الفكوك.

تتفاوت اعضاء الضوء من التراكيب الصغيرة جدا غير محتوية على الصبغيات مثل تلك الموجودة على سطح وزعانف اسماك التربيدى الى تراكيب معقدة جدا ذات الجزء الغدى المحاط بعاكس يوجه الضوء خلال عدسة يمكنها تركيز الحزمة الضوئية. للبعض تراكيب شبيهة بالقزحية تنظم كمية الضوء الخارج. بعض اسماك من عائلة يرسيدى غدة ضوئية فوق الزعنفة الحوضية مع فتحة على السطح. ويبدو ان المواد المضيئة يمكن ان تطلق بشكل اختيارى من الغدة. وهناك غدد مشابهة موجودة فى مجموعة الاسماك القرنية. ويطلق على هذا النوع من الاضاءة لاخلوى وهو يختلف عن النوع الخلوى فى ان المواد المضيئة فى النوع الثانى تقتصر على الخلايا (خلايا ضوئية Photocytes التى تنتج الضوء.

يمكن ان يكون التحكم فى نشر الضوء غير مباشر وذلك بغلق او حجب النسيج المضىء، كما هو الحال فى مضيئات العيون وبعض اسماك رتبه التربيدى الثانوية او فى الاسماك الصنوبرية (عائلة الاسماك الصنوبرية). تجهز حاملات الضوء فى معظم الاسماك العظمية المضيئة ذاتيا بالياف عصبية ويبدو انها تحت سيطرة عصبية مباشرة، وعلى ذلك فان حقن الادرينالين يسبب عادة نشاطا للنسيج المضىء فى معظم الانواع المختبرة، هذا ولم تكتشف للان العلاقة بين الاعصاب والمتحكمات الهرمونية المحتملة.

وباعتبار ان حوالى ثلثى اسماك المحيطات العميقة تنتج ضوءا، فان هذه الظاهرة يجب ان يكون لها فائدة تكيفية للانواع المضيئة، والتعرف الى الفوائد صعب فى معظم الانواع وذلك بسبب بيئاتها وعاداتها، عدا بعض انواع المياه الضحلة وعليه فان العديد من التخمينات تكون ضرورية فى مناقشة الاضاءة الحيوية فى الاسماك. ومن الطبيعى ان يعتقد ان اهمية الضوء تتساوى جزئيا مع اهمية اللون وبالطبع فان اللون يرتبط الى حد ما بالاضاءة. للعديد من الانواع مرشحات لون موجودة فى اعضاء الضوء لذلك فالضوء يظهر بعده درجات كما هو موجود فى مدى واسع من الانواع. ويبدو ان الوظائف المحتملة للاضاءة تنحصر فى

١- التخفى
٢- الاعلان
٣- التنكر

الباب السابع

علاقة البيئة بالانشطة الحيوية
فى الاسماك

Relationship between environment and biological activities in fish

دراسة حياة الاسماك فى البيئة التى تعيش فيها ومدى تاثرها بالعوامل الطبيعية والكيمائية والبيولوجية فى هذه البيئة تعتبر من العوامل الهامة لنجاح مربى الاسماك فى مهمته وكذلك نجاح عمليات الصيد فى المصايد. واهم العوامل البيئية التى تؤثر على النشاط الحيوى للاسماك هى:-

ا) العوامل الطبيعية والكيمائية Physical and chemical factors وتشمل:

١) درجة الحرارة.
٢) درجة الملوحة.
٣) الاملاح الغذائية.
٤) الغازات الذائبة فى الماء.
٥) التيارات المائية.

ب) العوامل البيولوجية Biological factors وتشمل:

١) تواجد النباتات المائية وكثافتها.
٢) التنافس بين انواع الكائنات البحرية على الغذاء.
٣) العلاقة بين الذكور والاناث (النسبة الجنسية).
٤) تاثير الحيوانات المفترسة.

هذه العوامل طبيعية وكيمائية او بيولوجية تؤثر على الانشطة الحيوية التالية فى الاسماك:

١) تغذية الاسماك.
٢) هجرة الاسماك.
٣) تكاثر الاسماك.
٤) نمو الاسماك.

ينبغى على مربى الاسماك فى المزارع الالمام بهذه العوامل حتى يتسنى له تهيئة الجو الامثل من الظروف الواجب توافرها لنمو الاسماك وتكاثرها فى مزرعته وبالتالى يمكنه الوصول بالانتاج الى حده الاقصى .. ايضا لابد ان يلم الصياد والمسئول عن عمليات الصيد فى منطقة ما باثار هذه العوامل على الاسماك مما يمكنه من حساب المخزون السمكى فى منطقة الصيد وبالتالى يمكن توجيه الصيادين لصيد اكبر كميات ممكنة من الاسماك بطريقة سهلة ومناسبة مما يزيد من دخلهم وانتاجهم.

ايضا دراسة علاقة هذه العوامل تمكن المسئولون عن المصايد التوصل الى وضع قوانين الصيد المناسبة لتحقق صيانة المصايد والمحافظة عليها وزيادة الانتاج.

اولا: التغذية فى الاسماك: Nutrition

١) طرق التغذية فى الاسماك:

تختلف الاسماك فى طرق تغذيتها فهناك اسماك نباتية التغذية واسماك حيوانية التغذية واسماك مختلطة التغذية اى تتغذى على النباتات والحيوانات معا. ويمكن التعرف على نوع الغذاء الذى تتناوله السمكة من بقايا الغذاء الموجود فى معدة السمكة عند تشريحها او بعض صفات مورفولوجية اخرى تتميز بها انواع معينة من الاسماك. وتنقسم الاسماك من ناحية طرق التغذية والحصول على الغذاء الى الاقسام الاتية:

١) الاسماك التى تتغذى على الاعشاب والنباتات المائية :Herbivorous

وتعتمد هذه الاسماك فى تغذيتها على الكائنات المجهرية الحية او الكبيرة من النباتات العالقة بالماء كالدياتومات Diatoms والطحالب وغيرها من البلانكتون النباتى Phytoplankton وتتميز هذه الاسماك بوجود اسنان خيشومية Hrackers وهى عبارة عن زوائد طويلة تتشابك مع بعضها لتكون شبه مصفاه او شبكة تقوم بحجز الكائنات المائية الدقيقة عند دخولها مع الماء وتحول بينها وبين الخروج ثانية عن طريق فتحة الخياشيم كما انها توجه هذه الكائنات الى القناة الهضمية -كذلك تتميز الاسماك اكلة الاعشاب بان معدتها وامعائها تكون طويلة نسبيا بالنسبة لطول الجسم وتكون لها قواطع من الاسنان عريضة حادة تستخدمها فى تقطيع الاعشاب وقد تكون هذه الاسنان احيانا مسننه لجمع وكشط الطحالب من اسطح الصخور ومن الامثلة المعروفة لهذه المجموعة سمكة السردين.

ب) الاسماك المفترسة Carnivorous:
وهذه الاسماك تتغذى على لحوم الاسماك الاخرى وقد تتغذى على اسماك من نفس نوعها وتتميز اسماك هذه المجموعة بان فمها واسع عريض به اسنان معظمها له شكل مخروطى مدبب احيانا تتجه اطرافها للداخل للمساعدة فى الامساك بالفريسة وتكون معدتها كبيرة مرنة تتسع لاكبر كمية من الطعام والامعاء قصيرة نسبيا وعصارتها الهضمية تحتوى على تركيزات عالية من الانزيمات.

جـ) اسماك تتغذى على حيوانات القاع Bottom peders:
وهى اسماك تقضى معظم وقتها على القاع بحثا عن الغذاء ومنها ما هو قابع على القاع مثل القوابع والمحاريث وهى تتغذى على الاصداف والقواقع وتكون فتحة الفم صغيرة بالنسبة لحجم الراس ولها اسنان قوية مرتبة فى صفوف تاخذ شكل الرحى لطحن الغذاء والاصداف ويزود الفم بعضلات قوية لتتمكن السمكة من عملية طحن الغذاء الصلب -الامعاء قصيرة وجدرانها سميكة وتنتمى لهذه المجموعة بعض اسماك موسى.

د) الاسماك الكانسة Omnivorous:
تكون اسنانها ضعيفة واحيانا غير موجودة وتكون نتؤاتها الخيشومية كثيرة العدد وطويلة ورفيعة وهى تعمل على تصفية الكائنات الدقيقة من الماء. الغالبية العظمى من اسماك هذه المجموعة يتناول اكثر من نوع من الغذاء وبعضها شرهه لدرجة انها تتناول كل ما يصادفها من حيوانات او نباتات او مواد متحللة وتبتلع معها احيانا حبات الرمل والطين وقطع الصخور الصغيرة وفى بعض الاحيان اشياء اخرى مثل قطع الخشب والقماش والعلب الصفيح ويعتقد ان هذه الاسماك تبتلع اى اشياء متحركة فى الماء.

ويجدر الاشارة هنا الى احد انواع الاسماك اكلة النباتات وهو مبروك الحشائش grass carp الذى يمتاز بنهم شديد للنباتات الغاطسة تحت الماء فيقضى عليها وينظف القنوات المائية منها حيث تؤدى هذه النباتات الى اعاقة سريان الماء فى مجراه مما يعمل على رفع القاع وايواء يرقات الحشرات الناقلة للامراض وتستخدم اسماك مبروك الحشائش كطريقة من طرق مقاومة مثل هذه النباتات المائية. وقد استجلب هذا النوع من المبروك الى مصر ونجح فى ان يتاقلم للظروف المصرية وبدا تفريخه صناعيا فى احواض خاصة.

٢) دورة الغذاء فى الماء "البحار-الانهار-المزارع السمكية":
كأى كائن حى، لابد للاسماك من ان تتغذى على كائنات اخرى ولقد تكونت فى البحر سلسلة او دورة ذاتية يتم خلالها تكوين غذاء الاسماك وهذه الدورة تمر باربعة مراحل:

أ) مرحلة الإنتاج:
توجد فى البحار والانهار كائنات دقيقة جدا تعرف بالبلانكتون النباتى phytoplankton وتعتبر هذه الكائنات اساس خصوبة البحار او المياه وهى بداية السلسلة الغذائية فى البحر ولولاها لانتهت الحياة فى البحار والانهار حيث تبنى خلال هذه المرحلة المواد العضوية كالبروتين والدهن والكربوهيدرات من مواد غير عضوية "الاملاح المعدنية مثل الفوسفات والنترات" بمساعدة الطاقة الضوئية والمادة الخضراء (الكلوروفيل). وحيث ان هذا البلانكتون النباتى عبارة عن نباتات فانه يستطيع القيام بهذه كالاتى:

ضوء + كلوروفيل
ثانى اوكسيد كربون + ماء + املاح معدنية ==============
مواد عضوية + اوكسيجين

ولكى تتم هذه العملية فانه يستلزم وصول الضوء الى هذه الكائنات ولذلك نجدها عادة ما تتركز فى المناطق التى يصلها الضوء اى انها تختلف من منطقة الى اخرى ومن فصل الى فصل خلال السنة حسب شدة الاضاءة بالمنطقة.

ب) مرحلة الاستهلاك:
فى هذه المرحلة يتغذى البلانكتون الحيوانى zooplankton وهو عبارة عن الحيوانات الاولية والقواقع والقشريات واللافقاريات على هذه الكائنات النباتية المتكونة فى المرحلة الاولى .. حيث ينمو ويزداد لتتغذى عليه الاسماك الصغيرة التى تلتهمها فيما بعد الاسماك الكبيرة.

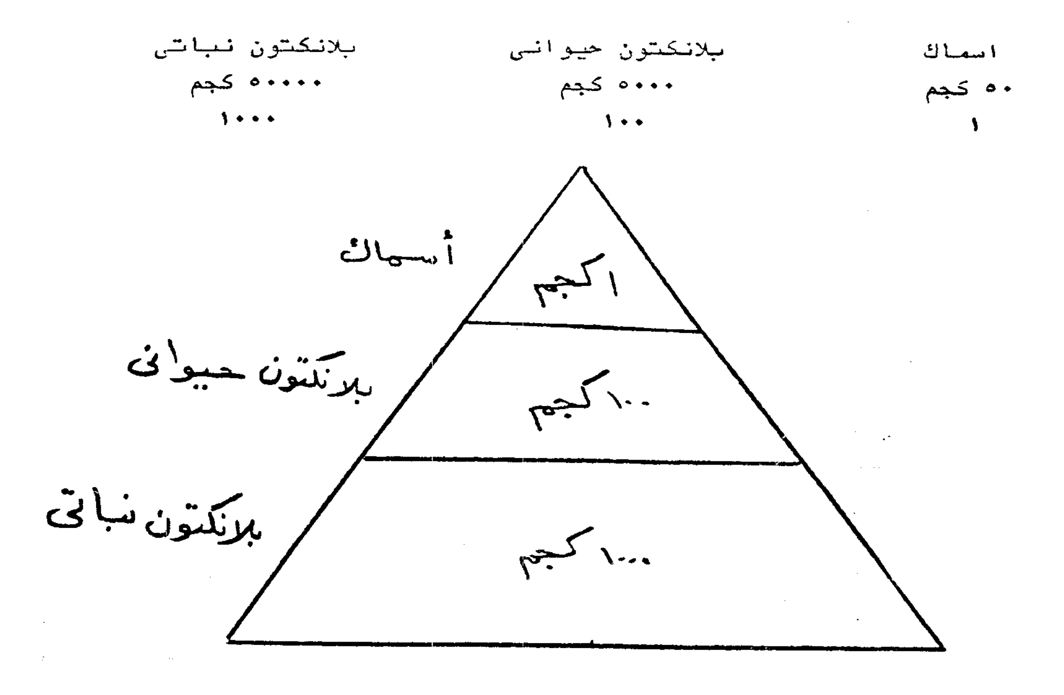
جـ) مرحلة الموت والتحلل:
عند موت الاسماك الكبيرة والكائنات الحية الاخرى سواء اسماك او قشريات او بلانكتون نباتى متبقى فان اجسامها تتحلل بفعل البكتيريا الى مواد غير عضوية بسيطة التركيب مثل املاح الفوسفات والنترات.

د) مرحلة الاستعادة:

تحمل التيارات المائية الصاعدة الاملاح الغذائية مثل املاح الفوسفات والنترات الى الطبقات العليا من الماء "المنطقة الفعالة بالضوء" حيث يمتصها البلانكتون النباتي والنباتات المائية الاخرى تستخدمها فى بناء اجسامها وتعيد دورة الحياة مرة اخرى.

ويعرف الناتج من البلانكتون النباتى فى اى منطقة مائية باسم الانتاج الاولى primary production وهو الذى يحدد خصوبة هذه المنطقة، وهناك عدة طرق لقياس هذا الانتاج الاولى واحدثها استعمال الكربون المشع (ك١٤). وكما ذكر سابقا ان البلانكتون النباتى يستخلص الاملاح المغذية من الماء وهذه الاملاح تعتبر نسبتها ضئيلة جدا حيث ان الطن الواحد من ماء البحر يحتوى على نصف جرام فقط من النيتروجين وعلى ار جرام فقط من الفسفور وتعمل عمليات التقليب المستمرة التى يساعد عليها التيارات الصاعدة فى البحر على التجديد المستمر لهذه الكمية الضئيلة جدا من املاح الفسفور والنيتروجين. ويمكن تمثيل عملية انتاج المواد العضوية فى البحر بهرم قاعدته الانتاج الاولى وانتاج البلانكتون النباتى وقمته الاسماك ويتوسطهما البلانكتون الحيوانى.

ولو فرض ان الفدان الواحد فى منطقة مائية يعطى خمسون كيلو جرام سنويا من الاسماك فان كمية البلانكتون الحيوانى التى يجب توافرها فى هذا الفدان يجب ان تزيد مائة مرة اى حوالى ٥٠٠٠ كيلو جرام وبالتالى فان كمية البلانكتون النباتى التى تتولد على مدار السنة تزيد الف مرة عن كمية الاسماك المذكورة (شكل ٤٢).



شكل (٤٢)
الانتاج الهرمى فى البحر

١ كجم	اسماك
١٠٠ كجم	بلانكتون حيوانى
١٠٠٠ كجم	بلانكتون نباتى

ومما سبق نجد ان الانسان يستخرج من البحر اقل كمية من البروتين ممثلة فى الاسماك ولقد اخذت بعض دول مثل اليابان فى جمع البلانكتون وتقديمه للمستهلك كغذاء.

وتعتمد خصوبة اى منطقة بحرية على كمية البلانكتون بنوعيه النباتى والحيوانى ويساعد على زيادة هذه الكمية توفر الاملاح المغذية ويقوم العاملين بالمزارع السميكة بتسميد احواض الاسماك بالمخصبات والاسمدة لهذا الهدف ايضا.

وتعتبر عملية تقليب هذه الاملاح عملية حيوية وهامة فى زيادة خصوبة المنطقة وتنشا عملية التقليب اساسا فى البحر من التيارات الصاعدة ويساعد على تكوينها هبوب الرياح فى اتجاه معين على الساحل وهذه التيارات تاتى عادة من الاعماق وتكون غنية بالاملاح المخصبة. ومثل هذه التيارات تنشا على سواحل كاليفورنيا الجنوبية ومراكش وجنوب غرب افريقيا وعلى سواحل بيرو وشيلى فى امريكا اللاتينية وعلى الشاطىء الجنوبى الشرقى للبحر الاحمر وكلها مناطق غنية بالبلانكتون وبالتالى بالاسماك. وببرودة الطبقات السطحية للماء فى الشتاء تزيد من كثافتها وتجعلها تهبط الى القاع ليحل محلها طبقات اكثر حرارة وبذلك يتم تقليب ماء البحر.

كما ان تلاقى التيارات البحرية الباردة باخرى دافئة يعمل على تقليب الماء.

٣) العوامل التى تؤثر على التغذية فى الاسماك:

تؤثر العوامل الطبيعية والكيمائية والبيولوجية السائدة فى الوسط المائى على التغذية فى الاسماك بتاثيرها على:

أ - البلانكتون والاحياء البحرية الاخرى التى تعتمد عليها الاسماك فى غذائها.

ب - امكانية او قابلية السمكة لتناول غذائها.

أ) العوامل التى تؤثر على البلانكتون والاحياء البحرية التى تكون غذاء السمكة:

١) الضوء:

ضوء الشمس اساسى لعملية التمثيل الضوئى لذلك فالبلانكتون النباتى والنباتات المائية الاخرى وهى اول حلقة من حلقات دورة الغذاء فى المنطقة المائية لا تتواجد الا فى الاعماق التى يصل اليها ضوء الشمس.

٢) درجة الحرارة:

درجة الحرارة المناسبة من العوامل الهامة لنشاط جميع العمليات الحيوية مثل التمثيل الضوئى للبلانكتون النباتى والنباتات المائية ونمو وانقسام البلانكتون النباتى والحيوانى والاحياء المائية الاخرى.

٣) درجة الملوحة:
لكل نوع من انواع البلانكتون النباتى والحيوانى درجة ملوحة معينة يزدهر فيها والغالبية العظمى من البلانكتون تنمو وتنقسم فى درجات ملوحة تتراوح بين ٣٠٪ و ٤٠٪.

٤) الاملاح الغذائية:
ومن اهمها املاح النترات والفوسفات التى يمتصها البلانكتون النباتى ويستخدمها فى عملية التمثيل الفوئى مكونا المادة العضوية فى خلاياه وانسجته.

٥) الغازات الذائبة فى الماء:
ومنها ثانى اوكسيد الكربون اللازم لاتمام عملية التمثيل الضوئى فى البلانكتون النباتى والنباتات المائية والاوكسيجين اللازم لتنفس البلانكتون النباتى والحيوانى والاحياء البحرية الاخرى.

٦) التيارات البحرية:
تعمل التيارات البحرية على تقليب المياه واختلاطها حيث تعمل التيارات الراسية الصاعدة على حمل الاملاح الغذائية من القاع الى السطح وبذلك تسبب خصوبة الطبقات السطحية للماء وتعمل على توافر الغذاء للاسماك. تعمل التيارات الهابطة على حمل البلانكتون من الطبقات السطحية الى الطبقات العميقة حيث تكون كمية الضوء او درجة الحرارة او الملوحة غير مناسبة له فتسبب هلاكه ولكنها فى نفس الوقت تمد الاحياء البحرية التى تعيش على القاع ببعض الغذاء كما تحمل هذه التيارات الهابطة الاوكسجين اللازم لتنفس تلك الاحياء.

اما التيارات الافقية فهى تعمل على نقل كل الماء بما فيه من بلانكتون من منطقة الى اخرى قد تكون المنطقة الجديدة ملائمة لهذا النوع من البلانكتون من حيث درجة الحرارة والملوحة فيزدهر ويتوافر الغذاء للاسماك فى هذه المنطقة او قد تكون الظروف فى المنطقة الجديدة غير ملائمة للبلانكتون فيموت ويقل الغذاء بالنسبة للاسماك فى المنطقة.

ب) العوامل التي تؤثر على المكانية او قابلية السمكة لتناول غذائها:

١) الضوء:

يؤثر الضوء على سعى السمكة لتناول غذائها خاصة فى انواع الاسماك التى تعتمد على الرؤية فى البحث عن غذائها .. فبينما نجد ان الاسماك التى تتغذى على البلانكتون او التى يوجد لها زوائد حية تتناول غذاؤها فى الضوء والظلام على حد سواء، نلاحظ ان الاسماك التى تعتمد على رؤية الفريسة قبل مهاجمتها لا تتناول غذاءها الا فى وجود ضوء كاف وبعض هذه الاسماك مثل سمكة الزوت وسمكة السالمون يقل معدل استهلاكها للغذاء عند تعكر المياه.

٢) درجة الحرارة:

كل سمكة تتناول غذاءها بطريقة طبيعية اذا كانت درجة حرارة البيئة المحيطة فى حدود مناسبة لها فاذا ارتفعت او انخفضت عن الحد المناسب للسمكة يقل معدل استهلاكها للغذاء واحيانا تتوقف وتمتنع عن الغذاء فسمكة قشر البياض مثلا تمتنع عن تناول الغذاء اذا انخفضت درجة الحرارة عن ١٢م كذلك سمكة الكود لا تتناول الغذاء اذا ارتفعت درجة الحرارة عن ١٦م يلاحظ ايضا ان بعض الاسماك تتغذى فى فصل الصيف قبل شروق الشمس اما فى فصل الشتاء فانها تغير موعد غذائها الى منتصف النهار او قبل الغروب.

٣) حالة السمكة:

بعض الاسماك تمتنع عن تناول الغذاء فى فترة وضع البيض واثناء هجرة التكاثر.

٤) عمر السمكة:

معظم الاسماك تتغذى فى اطوارها الاولى على الطحالب والقشريات الدقيقة وعندما تكبر يغير بعضها نوع غذائه فتصبح حيوانية او نباتية او مختلطة التغذية.

٥) تغيير بيئة السمكة:

بعض الاسماك اذا انتقلت الى بيئة جديدة تختلف فيها طبيعة الغذاء عن بيئتها الاصلية تستطيع ان تتاقلم وتغير من نوع غذائها مثل سمكة البلطى الاخضر فى بحيرة قارون حيث اصبحت تتغذى على الاصداف والقواقع ضمن غذائها بدلا من الطحالب والقشريات الدقيقة التى كانت تتغذى عليها فى بيئتها الاصلية.

فى حين البعض الاخر من الاسماك يتوقف عن تناول الغذاء اذا نقل الى بيئة تختلف نوعية الغذاء بها فى كثير او قليل عما هو معتاد عليه فى بيئته الاصلية.

ثانيا: هجرة الاسماك: Migration

قبل مناقشة الهجرة فى الاسماك لابد ان نلم بما يسمى بدرجة الحركة فى الاسماك Degree of movement وهو تعبير المقصود به مدى ارتباط نوع معين من الاسماك بالمكان الذى تعيش فيه ومدى تواجده فى هذا المكان ..... ويمكن تقسيم الاسماك تبعا لهذا المضمون الى:

١) انواع ثابتة: Sedenary species

وهى تعيش فى مناطق محدودة لا تغادرها وخاصة فى الطور اليافع مثل انواع المحار والاصداف.

٢) انواع متوطنة: Resident species

وهذه الانواع قادرة على الحركة والتحول ولكنها تفضل البقاء فى مناطق صغيرة المساحة وهى فى تحركها تقع تحت تاثير عدة عوامل منها:

ا) حركة يومية: Diurnal movement

بعض الاسماك ينتقل عموديا ناحية السطح او يهبط تجاه القاع وذلك فيما بين الليل والنهار كما ان بعض الاسماك تصبح قريبة من الشاطىء اثناء الليل.

ب) حركة المد: Tidal movement

وهذه الحركة يمكن مشاهدتها على شواطىء البحر الاحمر حيث يلاحظ ظاهرة المد والجزر حيث ان بعض انواع الاسماك تتجه الى الشاطىء عند المد ثم تتقهقر تجاه البحر عند الجزر.

جـ) الانتشار العشوائى: Random dispersal

بعض الانواع مثل الاستاكوزا واسماك موسى تجد نفسها تتحرك او تنتشر انتشارا عشوائيا بدون اتجاه محدد.

د) حركة موسمية: Seasonal movement

بعض الاسماك المستوطنة resident species تقوم بتحرك موسمى قصير حيث تدخل البحيرات مثلا لتحتمى من برودة ماء البحر او تتحرك الى بعض المناطق الباردة صيفا.

هـ) هجرة سنوية: Annual migration

كثير من انواع الاسماك يقوم بهجرة سنوية منتظمة وهذه الهجرة تكون للتوالد او للغذاء واحيانا لكليهما معا ويصعب على المرء ان يعزى هذه الهجرة الى سبب معين ولكنها فى الحقيقة نتيجة تاثير عوامل عديدة تدفع السمكة الى هذه الهجرة ومن امثلتها اسماك العائلة البورية.

اما من ناحية المناطق التى تعيش فيها الاسماك فيمكن تقسيمها على الوجه الاتى:

١) اسماك القاع السحيق: Abyssal

واسماك هذه المجموعة تتواجد على اعماق سحيقة فى المحيط حيث درجة الحرارة المنخفضة جدا والملوحة العالية والظلام الدامس، ونجد ان معظم هذه الاسماك يتميز بوجود خلايا فوسفورية تستعمل فى الاضاءة وتمييز الانواع المختلفة من الغذاء والاسماك الاخرى.

٢) اسماك طبقات المياه المتوسطة: Bathypalagic

وهذه تعيش فى المياه الواقعة بين القاع والسطح فى المحيط ولكنها تحت حافة الافريز القارى وبعض انواع هذه المجموعة يستغل بطريقة تجارية كما فى اليابان.

٣) اسماك الـــــ Archibenthic

وهى تعيش على او بالقرب من القاع وتحت مستوى حافة الافريز القارى.

٤) اسماك القاع الشاطئية: Benthic or bank

وتعيش فى المنطقة بين شاطىء البحر وحافة الافريز القارى حيث يتراوح عمق الماء فى هذه المنطقة ما بين ٥ - ١٥٠ قامه (القامه ١٫٨٣ سم) وتعيش هذه الاسماك دائما على القاع مثل اسماك موسى والبقر والمحراب.

٥) اسماك سطحية: Belagic

وهذه الاسماك تعيش دائما فى المياه السطحية وهى دائما متجولة ما بين الساحل وتذهب الى مسافات بعيدة داخل البحر وتتصف هذه الاسماك بانها سريعة وتضم اسماك التونا والرنجه وبعضها يتجمع فى هيئة قطعان وتشكل مصدرا جيدا للصيد.

٦) اسماك قاعية سطحية : Benthopelargic
وهذه المجموعة تضم اسماكا يمكنها الحياة على القاع وايضا تصعد الى سطح الماء ويتحدد ذلك بالموسم وهذه المجموعة تضم بعض انواع القرش.

٧) اسماك ساحلية: Coastal
وهى اسماك برية ويندر ان نجدها بعيدا عن الساحل وتتجول فى مسافة تبعد عن الساحل بحوالى ٢ الى ٤ كيلو متر ومثال ذلك اسماك العائلة البورية.

٨) اسماك ________ : Etharine
هذه المجموعة تضم اسماكا لها القدرة على التكيف للمعيشة فى مياه بحرية ذات ملوحة عالية واخرى تقترب من المياه العذبة كما انها تتحمل التغير فى درجات الملوحة مثل اسماك القاروص Worone labrax.

٩) اسماك تتوالد فى البحر وتعيش فى المياه العذبة:
وهذا النوع من الاسماك يتوالد فى البحر ثم يتجه الى المياه العذبة والبحيرات للغذاء وتشكل اسماك الحنشان (Angialla species) Eel اهم مثل على هذه المجموعة ...... كما ان بعض اسماك العائلة البورية مثل الـ Mugil copalus والـ Mugil capito من الامثلة لهذه المجموعة.

ولان لم يعرف هل وجود اسماك هذه المجموعة فى المياه العذبة او البحيرات ضرورى ام لا ؟ حيث نلاحظ ان اسماك الحنشان تدخل جميعها المياه العذبة والبحيرات وهى صغيرة جدا لكن يكتمل نموها اى ان الماء العذب يشكل جزءا مهما فى الحياة.

١٠) اسماك تعيش فى البحر وتصعد الى الانهار والمجارى المائية للتوالد: Anadromous
وهذه الاسماك تتواجد على الاقل فى بيئتين مختلفتين تماما حيث انها تعيش فى البحر للغذاء ثم تصعد الى الانهار والمجارى المائية لكى تتوالد فيها ولا يوجد على شواطئنا البحرية مثل هذه الاسماك ولكنها تتواجد بكثرة فى اوروبا ومن امثلتها السالمون.

تعريف هجرة الاسماك:

يقصد بهجرة الاسماك انتقالها فى مجموعات فى اوقات معينة ولغرض معين فاذا تمت الهجرة فى وقت معين من السنة تسمى هجرة موسمية اما اذا تمت فى اوقات معينة من اليوم تسمى هجرة يومية وتتم هجرة الاسماك لاغراض مختلفة وهى اما:

(١) هجرة للتغذية (٢) هجرة للتكاثر

(٣) هجرة نظرا لتغير العوامل الطبيعية والكيميائية.

(١) هجرة الاسماك للتغذية:

تهاجر بعض انواع الاسماك تاركة مكانها الذى تعيش فيه الى مكان اخر يكون اخصب من الاول ويتوافر فيه الغذاء اللازم لهذه الاسماك ومن اوضح الامثلة على هجرة التغذية هو ما كان يحدث على سواحلنا المصرية الشمالية قبل بناء السد العالى حيث كان الفيضان يلقى الى البحر المتوسط بمياه النيل المحملة بالاملاح الغذائية حيث تعمل على ازدهار البلانكتون بالقرب من تلك السواحل فتهاجر افواج السردين من البحر الى قرب الشاطىء للتغذية.

وعندما اختفت ظاهرة الفيضان لم تصبح خصوبة هذه المناطق بالقدر السابق مما ادى الى قلة كثافة اسماك السردين فى هذه المناطق وبالتالى قلت كميات المصاد به تباعا. ايضا نجد ان اسماك التونة تهاجر متتبعة لاسماك الرنجة والسردين وغيرهما من الاسماك الصغيرة التى تشكل الغذاء الاساسى الذى تتغذى عليه التونة.

(٢) هجرة الاسماك للتكاثر:

تهاجر بعض الاسماك من المنطقة التى تعيش فيها الى منطقة اخرى تكون ظروفها الطبيعية والكيميائية والبيولوجية مناسبة لوضع البيض وفقسه ومعيشة ونمو اليرقات ويطلق على هذا النوع من الهجرة هجرة التكاثر ومن الامثلة المعروفة عن هجرة الاسماك للتكاثر:

١) اسماك العائلة البورية توجد فى المياه المصرية فى النيل والترع والبحيرات ... وفى موسم التكاثر تخرج فى افواج عن طريق البواغيز والفتحات المتصلة بالبحر لتضع بيضها فى ماء البحر حيث يفقس وتعود الاسماك الفاقسة (الذريعة) الى البحيرات والانهار للتغذية والنمو.

ب) ثعبان السمك يعيش فى الانهار الى ان يصل عمره من ٧ الى ١٠ سنوات يهاجر تاركا الانهار ويخرج الى البحر ويتجه الى مكان معين فى المحيط الاطلنطى فى البحر الكاريبى حول جزر بهاما وهناك تضع الاسماك البيض وبعد ان يفقس تعود اليرقات الى موطنها الاصلى وتتجه الى مصبات الانهار حيث تدخل الى النهر للتغذية والنمو وعند عمر الاباء تعاود رحلة الاباء مرة اخرى فى هجرتها للتكاثر.

جـ) اسماك السالمون وهى فى هجرتها بعكس اسماك البورى وثعبان السمك تعيش فى البحر وفى موسم التكاثر تهاجر الى داخل الانهار سابحة فى عكس تيار الماء حتى تصل بالقرب من المنبع فتضع بيضها وبعد ان يفقس البيض وتصل الصغار فى نموها الى حجم معين تعود مرة اخرى الى البحر.

د) اسماك التونة التى تعيش فى غرب اسبانيا والبرتغال وفى البحر المتوسط تهاجر فى موسم التكاثر لتضع بيضها فى منطقة بين جزيرتى صقلية وسردينيا.

(٣) الهجرة لتغير الظروف الطبيعية والكيمياثية:

اذا تغيرت، احد الظروف الطبيعية او الكيمياثية التى تعيش فيها السمكة فانها تنتقل الى بيئة اخرى حيث الظروف تكون اكثر ملاءمة. فاذا كان انتقال الاسماك فى مجاميع سميت هذه الظاهرة هجرة ... واهم الظروف الطبيعية والكيمياثية التى تدفع السمكة الى الهجرة هى:

١) درجة الحرارة:

تهاجر كثير من الاسماك نحو خط الاستواء فى فصل الشتاء ونحو القطبين فى فصل الصيف .... كذلك معظم الاسماك النيلية تنتقل الى القاع فى الليالى شديدة البرودة فى فصل الشتاء ... كما ان اسماك الماكريل فى شمال اوروبا تختفى من الطبقات السطحية عندما يبرد الماء وننتقل الى اعماق تصل الى مئات الامتار ولا تظهر الا فى الربيع عندما ترتفع درجة الحرارة ويطلق على هذه الهجرة هجرة تمضية الشتاء.

وعلى العكس من ذلك نجد ان الاسماك التى تتأثر بارتفاع درجة الحرارة تنتقل بعيدا عن سطح الماء عندما تسخن الطبقات العليا وتعود الى السطح عندما يبرد الماء. ويوجد لكل نوع من الاسماك معدلات من درجات الحرارة تكون ملائمة له (درجة الحرارة المثلى)

وتتغير احيانا هذه الدرجة المثلى بتقدم الاسماك فى العمر. وتهاجر السمكة عند حدوث تغيرات فى درجة الحرارة عن هذه المعدلات الى منطقة اخرى حيث تكون درجة الحرارة اكثر ملاءمة والا تعرضت السمكة للهلاك مثل ما يلاحظ عن موت بعض الاسماك النيلية فى الليالى الشديدة البرودة اذا كانت موجودة فى ترع او مصارف غير عميقة ... ومثل ما لوحظ عن موت اسماك البلطى الموزنبيقى الذى استورد من المناطق الحارة لتربيته فى المزارع السمكية فى مصر وذلك عندما انخفضت درجة الحرارة العظمى الى اقل من ١٤م فى احد السنوات حيث استمر الانخفاض فى درجة الحرارة لمدة زادت الى اكثر من عشرة ايام مما ادى الى موته.

ايضا يسبب التغير المفاجىء فى درجة حرارة الماء موت الاسماك، لذلك فانه يجب عند نقل الذريعة فى المزارع السمكية ان يغير ماء تنكات (احواض) الزريعة تدريجيا حتى تتاقلم السمكة على درجات الحرارة الجديدة التى يجب ان تكون فى الحدود الملائمة للسمكة.

ودراسة درجات الحرارة الملائمة لكل نوع من الاسماك ومعرفة معلومات عن التغير فى درجات الحرارة فى مناطق الصيد على مدار السنة يمكن القائمين بعمليات الصيد من تحديد الاماكن والاوقات التى تتواجد عندها الانواع المختلفة من الاسماك ويمكنهم ايضا من التنبؤ بكميات الاسماك المحتمل صيدها فى الاماكن المختلفة.

ب) الضوء:

تتاثر الاسماك بالضوء بدرجات متفاوتة ويهاجر بعضها هجرة يومية من القاع فى اتجاه السطح او بالعكس تبعا لدرجة تاثرها بالضوء ... ويتوقف تاثر الاسماك بالضوء على العوامل الاتية:

١) نوع السمكة:

فهناك اسماك ايجابية الضوء واسماك سلبية له اى تتجه بعيدا عن الضوء وهناك اسماك ليس للضوء اى أثر على تحركاتها.

٢) عمر السمكة:

لوحظ عند صيد اسماك الرنجة بمساعدة الاضواء الصناعية ان الاسماك صغيرة العمر تنجذب بشدة نحو الضوء فى حين ان الاسماك الكبيرة تكون على مسافات ابعد منها.

٣) حالة السمكة:
على مدار اليوم قد تكون السمكة الايجابية للضوء فى بعض الاوقات خاملة لا تستجيب للضوء بسهولة بينما تكون فى الاوقات الاخرى نشيطة تستجيب سريعا للضوء. احيانا تقل استجابة الاسماك للضوء فى بعض المواسم مثل موسم التكاثر.

٤) كمية او شدة الضوء:
لوحظ ان بعض انواع من السردين تتحرك بعيدا عن السطح فجأة اثناء النهار عندما تنخفض شدة الضوء نتيجة تكاثر السحب وحجبها لاشعة الشمس من الوصول الى سطح الماء.

٥) لون الضوء:
تنجذب بعض الاسماك الى الوان معينة من الضوء فبعضها ينجذب الى اللون الاصفر او الازرق او غيرهما من الالوان.

٦) انطلاق الضوء الفجائى:
لوحظ ان بعض انواع من الاسماك تنجذب نحو الضوء لحظة انطلاقه ولكنها تختفى بعد ذلك اذا كانت كمية الضوء لا تتلاءم مع طبيعة السمكة.

وتفيد دراسة تاثير الضوء على الاسماك المهتمين بالمصايد والمزارع السمكية فى الاتى:

١) معرفة اوقات تواجد الانواع المختلفة من الاسماك والاعماق التى تتواجد عليها على مدار اليوم وتغيرها بتغير شدة الاضاءة. وذلك لاختيار افضل وانسب طرق ووسائل الصيد.

٢) دراسة تاثير رؤية السمكة للشباك على عمليات الصيد - وقد وجد ان الشباك الخيشومية اكثر فاعلية فى عمليات الصيد اثناء الليالى المظلمة والمياه العكرة وهى تصنع من خيوط رفيعة ويختار لونها بحيث تكون غير مرئية عند وضعها فى الماء - اما الصيد بالسنار وخاصة للاسماك التى تعتمد على الرؤية فى مهاجمة فريستها فان صيدها يكون اكثر فاعلية فى المياه الصافية عندما تكون كمية الضوء كافية لرؤية السطح سواء كان طبيعيا او صناعيا.

٣) استخدام الاضواء الصناعية فى جذب الاسماك وتستخدم لجذب بعض انــواع مــن اسمـاك السطح الايجابية للضوء مع طرق الصيد بالشباك الحلقيــة والمزودة والشباك الدافعة وبعض الجرافات الساحلية والسنــار والصيد بالمضخات ويستخدم الضوء فوق سطح الماء او فى اعماق قريـبة مـن السطح وفى الحالة الاخيـرة يشترط استخدام مصابيح غير منفذة للماء.

٤) بجانب انجذاب بعض الاسمـاك للضوء يلاحظ ان انواعا من البلانكتون تتجمع حول الضوء وتتغذى عليها الاسماك التى تجمعت ايضا حول الضوء ويلاحظ ان الاسماك الصغيـرة تتجمع قريبا من الضوء جاذبة وراءها الاسماك الكبيرة حيث تكون موجودة فى دائرة اليد من مصدر الضوء.

وفى بعض الاحيـان يكـون الضوء بالاضافة الى تاثيره المباشر على السمكة الايجابية للضوء علامة على تواجد الطعام فقد وجد ان السمك الجائع يكون اسرع للانجذاب للضوء من الاسماك الاخرى ... كذلك وجد ان الأسماك التى تمتنع عن الغذاء فى فترة وضع البيض لا تميل للانجذاب للضوء.

جـ) الملوحة:

تنقسم الاسماك من حيث تحملها للملوحة الى ثلاثة اقسام:

١) اسماك مياه عذبة: مثل البياض وقشر البياض والشال.

٢) اسماك مياه مالحة: مثل المياس

٣) اسمـاك يمكنها ان تعيش فى كل من المياه العذبة والمالحة مثل اسماك العائلة البورية والحنشان (ثعبان السمك) والسالمون والزوت.

ويلاحظ ان بعض اسماك المياه العذبة يمكنها ان تتحمل ارتفاع بسيط فى درجة الملوحة فتتواجد فى بحيرات شمال الدلتا قرب المصارف ... كما ان سمكة البلطى الاخضر امكنها ان تتاقلم فى بحيرة قارون حيث الملوحة المرتفعة التى تبلغ حوالى ٢٩٪. كما ان بعض الاسماك البحرية يمكنها ان تتحمل درجات ملوحة منخفضة نوعا ما مثل اسماك الدنيس والقاروص التى تتواجد فى بحيرات شمال الدلتا قرب البواغيز وعامة فانه يوجد لكل سمكة مدى من درجات الملوحة يمكن للسمكة ان تتحمله وتموت السمكة اذا زادت درجة الملوحة او قلت عن الحد الذى يمكن ان تعيش فيه ...

كذلك يوجد لكل نوع من الاسماك حدا امثل optimal range of salinity من الملوحة تقوم فيه السمكة باوجه نشاطها الحيوى بطريقة مثلى وتهاجر تاركة مكانها اذا تغيرت نسبة الملوحة الى مكان افضل لها لمواطلة الحياة.

فقد لوحظ ان ذريعة البورى والطوبار الموجودة فى البحر تتجه وتتجمع حول البواغيز وطلمبات الصرف حيث تصب مياه تقل ملوحتها عن مياه البحر .. كذلك تتجه الاسماك النيلية التى تعيش فى بحيرات شمال الدلتا الى المصارف وموارد المياه العذبة فى البحيرة ... وعند نقل الاسماك فى المزارع السمكية من مكان الى مكان او من حوض الى اخر حيث تكون درجة الملوحة مختلفة يجب تغيير الماء تدريجيا وابقاء الاسماك لفترة مناسبة لكى تتاقلم بالتدريج على درجات الملوحة الجديدة بشرط ان تكون فى حدود درجات الملوحة التى تتحملها السمكة.

د) الاكسيجين الذائب فى الماء:

تتجنب السمكة دائما المناطق التى تقل فيها نسبة الاكسيجين الذائب فى الماء وقد لوحظ ان السمكة لا تبقى طويلا فى المياه التى تقل فيها نسبة الاكسيجين بالرغم من وفرة الغذاء وتهاجر الى المياه الغنية بالاكسيجين حتى لو كان الغذاء فيها قليلا.

وفى المرابى السمكية واحواض تربية الاسماك لابد ان يراعى ان يكون تركيز الاكسيجين مناسب لعدد وحجم الاسماك الموجود بالمربى او الحوض وفى الاحواض الخاصة باسماك الزينة يمرر احيانا تيار من الاكسيجين بالحوض ضمانا لتوفير تركيزا مناسبا منه.

هـ) التيارات البحرية:

فى كثير من الحالات توجد علاقة بين كميات الصيد من الاسماك السطحية وبين التيارات البحرية فى المنطقة وهذه تتاثر باتجاه وسرعة الريح فى المنطقة وارتفاع الموج وقد امكن للصيادين معرفة هذه العلاقة بالخبرة. لذا يلزم دراسة تاثير التيارات البحرية فى مناطق الصيد لمعرفة تحركات الاسماك طوال العام. ومن المعروف ان اشهر مناطق الصيد فى العالم خاصة للاسماك السطحية توجد فى مناطق التقاء وافتراق التيارات البحرية مثل الساحل الشرقى بكندا، بحر الشمال، شواطىء اليابان، الساحل الجنوبى الغربى لامريكا الشمالية وفى هذه المناطق تكون درجات الحرارة والملوحة ملائمة لانواع عديدة من الاسماك علاوة على تجمع كميات هائلة من البلانكتون تتغذى عليها الاسماك.

ثالثا: التكاثر فى الاسماك: Reproduction

تعريف:

التكاثر فى الكائنات الحية هو تكوين افراد جديدة للمحافظة على النوع. ويتم التكاثر فى الاسماك كما فى الفقريات الاخرى وذلك باندماج الحيوانات المنوية التى تتكون فى الخصية فى الذكر بالبويضات التى تكونها الانثى فى المبيض ... وتسمى عملية خروج الحيوانات المنوية من جسم الذكر لتلتقى ببويضات الانثى بعملية التلقيح mating اما عملية اندماج الحيوان المنوى بالبويضة وتكوين الزيجوت (الجنين) فتسمى بعملية الاخصاب fertilization والتلقيح فى معظم الاسماك العظمية خارجى وفيه تقوم الانثى بالقاء البويضات فى الماء ثم يلقى الذكر السائل المنوى على هذه البويضات ويتم اخصاب البويضات فى الماء وتظل البويضات المخصبة فى الماء حتى تفقس. اما فى الاسماك الغضروفية يتم التلقيح داخليا ويحدث اخصاب البويضة داخل جسم الانثى ثم تضع الانثى البيض المخصب فى الماء ليتم فقسه.

النضج الجنسى فى الاسماك: Sexual maturity

تصل معظم الاسماك الى مرحلة النضج الجنسى فى عمر يتراوح بين سنة وثلاث سنوات تبعا لنوع السمكة .... فسمكة البلطى الاخضر تضع البيض وعمرها سنة بينما سمكة البياض تبدا فى وضع البيض بعد ان تبلغ ثلاث سنوات فى حين ان سمكة البلطى الموزنبيقى تبيض وعمرها ستة شهور فى المناطق الحارة.

هناك اسماك لا تنضج جنسيا الا بعد سبع الى عشرة سنوات مثل ثعبان السمك .... وتساعد درجة الحرارة على النضج المبكر فى الاسماك فمثلا اسماك المبروك فى مصر تضع البيض عندما يصل عمرها سنة اما فى اوروبا فهى لا تبيض الا فى عمر يتراوح بين سنتين ونصف الى ثلاث سنوات.

عدد مرات وضع البيض فى السنة:

كثير من الاسماك تبيض مرتين فى السنة مرة فى الربيع ومرة فى نهاية الصيف. فى المناطق الحارة وخاصة الاستوائية تزيد عدد مرات وضع البيض عن ذلك وقد تصل الى ستة مرات لبعض انواع الاسماك ... فى المناطق الباردة فالاسماك لا تبيض الا مرة فى العام.

<u>اختيار الاسماك لاماكن وضع البيض:</u>

تختار الاسماك المنطقة التى تضع فيها بيضها حيث تكون كل العوامل مناسبة لفقس البيض ومعيشة اليرقات. واهم هذه العوامل:

١) درجة الحرارة.
٢) درجة الملوحة.
٣) كثافة الماء.
٤) التيارات المائية.
٥) توافر الغذاء والاكسيجين اللازمان لنمو اليرقات.

ولكل نوع من الاسماك حدود معينة مثلى من هذه العوامل لنمو الاجنة والفقس ونمو اليرقات بعد ذلك. وتضع الاسماك البحرية بيضها فى اى منطقة من البحر تتوافر فيها هذه العوامل ... او فى اى منطقة من الانهار او الترع بالنسبة لاسماك المياه العذبة. واذا لم تتوافر هذه العوامل فى المنطقة التى تعيش بها الاسماك البالغة فانها تهاجر الى منطقة اخرى اكثر ملاءمة لوضع البيض وفقسه من ناحية توفر العوامل السابقة كما فى الامثلة الاتية:

١) اسماك السالمون والتروت تهاجر من البحر لتضع بويضاتها فى الانهار.

٢) اسماك العائلة البورية تهاجر من النهر ومن بحيرات شمال الدلتا لتضع بيضها فى البحر.

٣) اسماك الثعابين تهاجر من الانهار لتضع بيضها حول جزر البوهاما فى البحر الكاريبى بامريكا الوسطى.

٤) اسماك القاروص والدنيس التى يعيش بعضها منها فى بحيرات شمال الدلتا تهاجر للبحر فى موسم التكاثر.

اماكن وضع البيض:

اولا:
١) معظم الاسماك تكون كثافة بيضها اثقل من كثافة الماء ولذا فانه يهبط الى القاع وتختار معظم الاسماك الاماكن الهادئة قليلة التيارات لوضع البيض ... وعندما تضع السمكة البيض فانه يستقر على صخور القاع او النباتات المائية واحيانا يكون البيض لزجا فيلتصق على هذه الصخور او النباتات المائية.

٢) فى المزارع السمكية تستعمل احيانا مفرخات صناعية تضع الاسماك عليها البيض وتصنع من عيدان متشابكة من احد الخامات المحلية ففى مصر تصنع من الجريد وتغطى بليف النخيل الاحمر.

٣) قد تضع السمكة البيض فرادى (بيضة تلو الاخرى) وقد يتلاصق البيض مكونا كتلا مختلفة الاحجام والاشكال تتماسك بواسطة الياف او خيوط تربط البيض بعضه ببعض.

ثانيا:
فى بعض الاسماك وخاصة البحرية يبقى البيض معلقا فى الماء ويرتفع وينخفض فى طبقات الماء تبعا لكثافة الماء.

ثالثا:
هناك انواع من الاسماك يطفو بيضها على سطح الماء ويكون عادة داخل البيضة فى هذه الحالة نقطة او عدة نقط من مادة زيتية تساعد البيض على الطفو. ويتجمع البيض الطافى فى انواع معينة من الاسماك فى شكل كتل ضخمة ويظل معرضا للتيارات المائية والامواج حتى يفقس. ويتميز البيض الطافى بانه شفاف اللون حتى لا يظهر للاسماك التى تتغذى عليه.

عدد البيض:
يختلف عدد البيض الذى تضعه الانثى من السمك فى النوع الواحد تبعا للعوامل الاتية:
١) حجم الانثى: فكلما زاد نموها وحجمها كلما زاد عدد البيض الذى تضعه ويتوقف حجم الانثى بالطبع على توافر العوامل المناسبة لنموها واهمها الغذاء.

٢) نوع السمكة: فهناك من انواع الاسماك ما يبيض بضعة الاف من البيض ومنها ما يبلغ عدد بيضه مئات الالوف ومنها ما يبيض بضعة ملايين، ولعل اكثر الاسماك بيضا هي سمكة الكود التي يبلغ عدد بيضها في المتوسط ستة ملايين بيضة للسمكة الواحدة.

وتضع معظم الاسماك العظمية اعدادا كبيرة من البيض وذلك لان التلقيح في هذه الاسماك يكون خارجيا ولان البيض بعد اخصابه يترك في الماء دون اى رعاية من الام ويكون معرضا للفقد نتيجة التهام الاسماك والحيوانات البحرية الاخرى له او نتيجة لتعرضه لظروف غير ملائمة. والحكمة في الاعداد الكبيرة من البيض الذى تضعه معظم الاسماك العظمية هى المحافظة على النوع حيث ينتج عن هذا البيض اعدادا كبيرة من اليرقات يستطيع جزء كبير منها مواصلة الحياة بالرغم من تعرضه للخطر والفقد ... وكلما زاد تعرض البيض وصغار الاسماك للخطر كلما زاد عدد البيض الذى تضعه الانثى.

اما الاسماك الغضروفية التى يتم التلقيح فيها داخليا فانها تضع اعدادا قليلة من البيض ويكون محاطا بكيس يحميه من المؤثرات الخارجية.

حجم البيض:
بيض الاسماك العظمية كروى الشكل يتراوح قطر البيضة ما بين ١:٥ مليمترات ونادرا ما يصل قطره عشرة مليمترات ويكون عادة محاط بغشاء متين.

اما الاسماك الغضروفية فبيضها كبير محاط بقشرة قرنية سميكة تختلف فى شكلها تبعا لنمو السمك ففى كلب السمك تكون مستطيلة الشكل يصل طولها الى حوالى ٤ سم ولها اربعة زوائد تلتف بها على النباتات المائية وتبقى فى مكانها حتى تفقس.

رعاية الاسماك للبيض والصغار:

اولا:
فى معظم الاسماك العظمية يتم التلقيح خارجيا وتترك البويضات المخصبة فى الماء الى ان تفقس دون ان يكون هناك اى رعاية من السمكة الام للبيض او الصغار ... الا ان هناك انواع من الاسماك تقوم بالرعاية اللازمة للبيض قبل الفقس ولليرقات بعد الفقس كما فى الامثلة التالية:

١) تحفر بعض الاسماك حفرا فى قاع البركة او النهر لتضع فيها السمكة البيض وتقوم برعايته وتهويته بتحريك زعنفتيها الصدريتين وقد يتعهد الذكر بالحراسة والرعاية بمفرده او يتقاسم ذلك مع الانثى.
٢) تبنى بعض الانواع من الاسماك عشا من النباتات المائية والطحالب يقوم الذكر ببنائه وتضع فيه الانثى البيض حيث يقوم الذكر بحراسته ويعتنى به حتى الفقس.
٣) هناك انواع من الاسماك تضع انثاه البيض على القاع وبعد تلقيحه ياخذه الذكر مباشرة الى السطح ويعد له عشا من فقاقيع الهواء ويبقى بجانبه حتى يفقس.
٤) فى سمكة فرس البحر يوجد للذكر فى منطقة البطن كيس تضع فيه الانثى البيض ويلقحه الذكر ويحمله الذكر حتى يفقس البيض وتكبر الصغار.

ثانيا:
فى كثير من الاسماك الغضروفية حيث يتم التلقيح داخليا يبقى البيض بعد التلقيح داخل قناة المبيض حتى يفقس وتضع السمكة اجنة كاملة النمو كما فى سمكة الجامبوزيا.

<u>مدة تفريخ البيض:</u>
تتراوح مدة تفريخ البيض بين بضعة ايام وعدة اسابيع تبعا لنوع السمكة ودرجة حرارة الماء ... وتحتوى البيضة على كمية كبيرة من المح (الصفار) yolk يتغذى عليها الجنين داخل البيضة حتى يتم نموه فيضغط على غلاف البيضة الى ان ينفجر ويخرج الجنين حاملا معه كيس يحتوى على ما تبقى من المح الذى يتغذى عليه الجنين الى الفترة التى يتمكن فيها من الاعتماد على نفسه فى الغذاء.

واحيانا يخرج الجنين مشابها للسمكة البالغة كما فى معظم الاسماك ولكن فى بعض الحالات يخرج الجنين من البيضة مختلفا عن السمكة البالغة ويتطور حتى ياخذ شكل الابوين كما فى سمكة موسى وثعبان السمك.

<u>العوامل التى تؤثر على التكاثر فى الاسماك:</u>
يتاثر التكاثر فى الاسماك بالعديد من العوامل بعضها طبيعية والاخرى بيولوجية وكيمائية وتعتبر درجة الحرارة والتيارات من اهم العوامل التى تؤثر على صفة التكاثر فى الاسماك.

اولا: درجة الحرارة:

تؤثر درجة الحرارة على كل من النضج الجنسى وعدد مرات وضع البيض وعملية وضع السمكة للبيض ومدة التفريخ ونمو اليرقات وتوفر الغذاء لها. ويوجد لكل نوع من الاسماك درجة حرارة معينة (مثلى) تبدا عندها فى وضع البيض ويؤخر انخفاض درجة حرارة الماء عملية وضع البيض كما ان ارتفاع درجة الحرارة يساعد السمكة فى الاسراع بعملية وضع البيض.

فمثلا فى المزارع السمكية مثل مزرعة القناطر الخيرية والسرو تضع اسماك المبروك بيضها فى اوائل الربيع اذا ارتفعت درجة حرارة الماء ووصلت الى حوالى (١٨م) واستمرت كذلك عدة ايام لذلك يبدا فى عمل الاحتياطات اللازمة ابتداء من منتصف شهر فبراير لتجديد مياه الاحواض وتزويدها باستمرار بمياه جديدة درجة حرارتها اقل نسبيا من مياه الاحواض لتاخير وضع البيض وذلك حتى لا تضع الاسماك بيضها اذا ارتفعت درجة الحرارة فجاة فى وقت غير مناسب لنمو الاجنة وفقس البيض او نمو اليرقات عندما تعود موجات البرد ثانية وتنخفض درجة الحرارة. كذلك يجب عمل هذه الاحتياطات عند نقل الامهات فى الصفائح او التنكات بتجديد المياه فيها وعدم تعريضها لاشعة الشمس المباشرة ونقلها فى وقت مبكر من النهار.

ونظرا لان الاسماك تضع بيضها فى درجات حرارة معينة وتغير مناطق وضع البيض تبعا لتغير درجة الحرارة فانه من المتبع ان تغير مناطق الصيد من منطقة الى اخرى تبعا لتغير الحرارة فى موسم وضع البيض.

ويتوقف طول فترة التفريخ للنوع الواحد من الاسماك على درجة حرارة الماء فمثلا سمكة الكود يتم تفريخ بيضها فى عشرين يوما اذا كانت درجة حرارة الماء ٣ درجات مئوية وفى احدى عشر يوما اذا كانت درجة حرارة الماء ٨م وفى فترة سبعة ايام فقط اذا زادت درجة الحرارة عن ذلك.

اذا ارتفعت درجة الحرارة اثناء تفريخ البيض عن المعدلات المثلى فانها تسبب تشوهات فى الاجنة يعقبها الموت .. اما اذا انخفضت عند المعدلات المثلى يتوقف نمو وتطور الاجنة وقد تموت داخل البيض اذا كان الانخفاض فى درجة الحرارة كبيرا.

ثانيا: التيارات البحرية:

وهى تؤثر على فقس البيض ونمو اليرقات وتسبب التيارات البحرية الغير ملائمة فى احداث تغيير فى الظروف الطبيعية والكيمائية والبيولوجية السائدة فى منطقة وضع البيض التى كانت السمكة قد اختارتها لملاءمتها لفقس البيض ونمو اليرقات، مما يعمل على انخفاض نسبة الفقس او موت الكثير من اليرقات الفاقسة، كذلك قد تعمل هذه التيارات على نقل البيض او اليرقات الى مكان اخر لا تتوافر فيه الظروف الملائمة فيهلك البيض او اليرقات مما يؤثر على كفاءة المصايد فى هذه المنطقة ... ايضا تعمل التيارات المائية على تقليب الماء مما قد يغير درجة حرارته او ملوحته وبالتالى كثافته بما لا يلائم البيض واليرقات.

رابعا: النمو فى الاسماك: Growth and development

تعريف النمو:

يعرف النمو فى الكائنات الحية بانه الزيادة فى الحجم وبالتالى فى الوزن، ويعتمد النمو على معدل التمثيل للمركبات الغذائية المهضومة وتحويل الزائد منها عن حاجة الكائن الحى لتادية وظائف الحياة الى انسجة حية. ويتوقف معدل التمثيل الغذائى فى الاسماك، الذى يختلف من سمكة الى اخرى فى نفس النوع على العوامل الطبيعية والكيماشية والبيولوجية فى الوسط.

عندما تنمو الاسماك فيزيد حجمها "اى يزيد طولها وعمقها وسمكها" كما تزداد فى الوزن ويكتفى عادة عند تقدير النمو فى الاسماك بحساب الزيادة فى الطول والوزن.

منحنى النمو فى الاسماك: Growth curve

عادة تقاس الزيادة فى الحجم خلال فترات زمنية متتالية .. ومنحنى النمو عادة ما يكون من نقط مقابلة للزمن (العمر) وذلك على المحور السينى x.axis وقياسات الطول او الوزن على المحور الصادى ... وعندما تمثل العلاقة بين الطول والعمر او الوزن والعمر فاننا فى الحقيقة نقيس سرعة التغير فى الطول او فى الوزن او بمعنى اخر معدل النمو rate of growth والمنحنى المتكون من القياسات السابقة يعطى شكل s ويسمى sigmoid curve وهو يعبر عن معدل نمو سمكة واحدة او مجموعة من الاسماك.

معدل نمو الاسماك: The growth rate of fish

بالرغم من ان الصفات العامة لمنحنى النمو فى الاسماك يتشابه مع ذلك الخاص بالحيوانات ذات الدم الحار (Warm blooded animals) الا ان معدل النمو فى الاسماك يختلف كثيرا عن معدل النمو فى الحيوانات ذات الدم الحار. ففى الاسماك يستمر النمو حتى عند بلوغ الاعمار المتقدمة مع ملاحظة ان يكون عند هذه الاعمار بطيئا ويسمى بالنمو الغير محدد (Indeterminate growth) فى حين ان النمو فى الثدييات يكون سريعا فى الفترات الاولى من الحياة ثم يتوقف عند عمر معين تماما. ومعدل النمو فى الاسماك يتاثر مباشرة بالعوامل الطبيعية وخاصة درجة الحرارة وكذلك بعض العوامل البيولوجية والكيماوية.

وتاثير درجة الحرارة على النمو يكون واضحا فى الحيوانات ذات الدم البارد cold blooded animals ومنها الاسماك وتعرف باسم piokilothermal animals.

النمو المطلق: Absolute growth

يعرف النمو المطلق بانه متوسط الوزن عند كل عمر وهو عادة يعبر عنه بالمنحنى الذى يجمع بين الطول والعمر او المتوسط للطول عند كل مجموعة عمر age group.

النمو النسبى: Relative growth

وهو النسبة للزيادة بالنسبة للطول او الوزن

العلاقة بين الطول والوزن: Length-weight relationship

يمكن قياس الطول او الوزن للاسماك بدقة حيث ان الوزن ممكن اعتباره داله للطول وهذه العلاقة بين الطول والوزن تتبع قانون التكعيب cube law ويعبر عنه بالمعادلة

$$K = \frac{W}{(L)}$$

حيث (W) هو الوزن، (L) هو الطول.

والعلاقة السابقة بين الطول والوزن يمكن استخدامها فى ايجاد الطول اذا كان الوزن معروفا او الوزن اذا كان الطول معروفا اذا كان شكل الجسم والجاذبية النوعية لنوع معين من الاسماك ثابتين طول تاريخ الحياة. ولكن الاسماك كغيرها كاى حيوان اخر تغير من خصائص جسمها خلال حياتها ومن ثم فقانون التكعيب يفشل فى التعبير عن العلاقة بين الطول والوزن خلال تاريخ الحياة ولذلك استعملت العلاقة الاتية فى التعبير عن الاتباط الطول بالوزن: $W = c L n$

حيث (W) = وزن السمكة، (L) = طول السمكة، c, n = مقداران ثابتان يمكن حسابهم.

ويمكن التعبير عن هذه العلاقة باستخدام اللوغاريتمات:

$$\text{Log } w = \log c + n \log L$$

ويمكن حساب الثوابت c, n عند رسم خط مستقيم يمثل العلاقة بين الطول والوزن او تحسب هذه الثوابت من المعادلة الاتية:

$$\log c = \frac{\log w \ / \ (\log L) \ - \ \log L \ . \ (\log L.\log W)}{N. \ (\log L) \ - \ (\log L)}$$

و n

$$n = \frac{\log W - N \log c}{\log L}$$

ويمكن استخدام قانون التكعيب فى التعبير عن حالة السمكة وفى هذه الحالة يطلق عليه معامل حال السمكة condition factor او coeffient of condition ويرمز لهذا العامل بالرمز K حيث :

$$K = \frac{W \times 100,000}{(L)}$$

حيث W = الوزن بالجرام، L = طول الجسم بالمليمترات.

ويستخدم معامل حالة السمكة لمعرفة صلاحية الظروف البيئية لنمو الاسماك ومقارنة البيئات المختلفة وتاثيرها على النمو فكلما حدثت زيادة فى وزن السمكة بالنسبة لطولها كلما زاد مقدار معامل حال السمكة (K) ويلزم عند حساب قيمة (K) مراعاة الاسماك التى تكون فى فترة وضع البيض والاسماك التى اتمت وضع البيض حيث يحدث فى الحالتين اختلافا كبيرا فى الوزن مع عدم حدوث تغير كبير فى الطول.

ويتاثر معامل حالة السمكة بعدة عوامل هى نفسها التى تؤثر على معدل نمو الاسماك.

العوامل التى تؤثر على نمو الاسماك:

١) العوامل الطبيعية والكيمائية:

وهذه تشمل درجة الحرارة والملوحة والاملاح الغذائية وكمية الاكسيجين والغازات الذائبة فى الماء وهذه العوامل تؤثر على معدلات النمو ومعامل حال السمكة وكذلك الغذاء اللازم لنموها واهم هذه العوامل درجة الحرارة عندما تبدا درجة الحرارة فى الارتفاع يزداد النمو حتى يصل الى اقصاه ثم يبطىء ويتوقف بعد ذلك فمثلا سمكة البلطى تكون بطيئة النمو عند درجة ٢٠م وتسرع من نموها عند درجة ٢٥م وتصل الى اقصى نموا لها على درجة ٣٠م ويتوقف نمو سمكة البلطى اذا وصلت درجة الحرارة الى ٣٣م ... ويختلف معدل درجات الحرارة المثلى لنمو السمكة من نوع لاخر.

ب) العوامل البيولوجية:

١) نوع السمكة:

هناك انواع من الاسماك تتميز بسرعة نموها بينما توجد انواع اخرى بطيئة النمو .. وقد اصبح من الممكن فى المزارع السمكية حساب معدلات النمو فى الانواع المختلفة من الاسماك واختيار الانواع التى تتميز بمعدلات نمو عالية.

٢) جنس السمكة:
في كثير من انواع الاسماك لا يوجد فرق في معدلات نمو الذكور والاناث ولكن في بعض الانواع يكون معدل النمو في احد الجنسين اكبر من الجنس الاخر وقد ادخلت بعض المزارع السمكية طريقة تربية الجنس الواحد mono sex السريع في نموه عن الجنس الاخر.

ويلاحظ ان اناث الاسماك يبطىء نموها بطريقة ملحوظة عندما تصل الى مرحلة النضج الجنسي او عنما تبدأ في وضع البيض حيث ان جزء كبير من مكونات الغذاء يستهلك في تكوين البويضات التي يتراوح عددها في بعض الاحيان من عدة الاف الى عدة ملايين. كذلك بعض الامهات تمتنع عن الغذاء خلال فترة وضع البيض مما ينعكس على نموها وزيادة وزنها ولهذا تحتاج هذه الامهات الى فترة من الوقت لاعادة بناء جسمها واستعادة معدلات نموها. كذلك قد تستنفذ ذكور الاسماك جزءا من مركبات الغذاء المهضومة في انتاج الحيوانات المنوية مما قد يؤثر على معدلات نموها ولكن ليس بالقدر الذي يلاحظ في الاناث.

٣) عمر السمكة:
في السنوات الثلاث او الخمسة الاولى من حياة السمكة يكون النمو سريعا وكفاءتها في تحويل الغذاء الى وزن في جسمها عالية. وبالرغم من استمرار السمكة في نموها بعد هذا العمر الا ان معدل النمو يكون منخفضا ويستلزم هذا النمو تناول السمكة لكميات اكبر من الغذاء.

لذلك فان الاحتفاظ بالاسماك كبيرة السن في المزرعة السمكية يضر بالقدرة الانتاجية للمزرعة حيث ان كميات الغذاء المستهلكة لا تتناسب مع الزيادة في نموها مما يستلزم ضرورة صيدها.

٤) الامراض والطفيليات:
وكلاهما يسبب ابطاء نمو السمكة واعاقتها عن تناول الغذاء وبذلك تقل معدلات نموها وتنخفض كفاءتها التحويلية للغذاء .. وبعض امراض وطفيليات الاسماك قد تدفع السمكة الى تناول كميات كبيرة من الغذاء دون ان يكون له اثرا في زيادة وزن السمكة.

٥) عامل السعة:

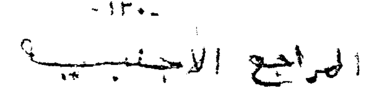
يعتبر هذا العامل من العوامل الهامة التى تؤثر على نمو الاسماك ... فازدياد منطقة معينة باعداد كبيرة من الاسماك يسبب بطء نموها للاسباب الاتية:

أ) تنافس الاسماك على الغذاء الموجود فى المنطقة.

ب) قد يسبب التزاحم فى منطقة ما الى حدوث نقص فى كمية الاكسيجين الذائب فى الماء.

جـ) قد يعوق التزاحم السمكة عن الحركة.

وقد وجد انه حتى لو زودت المنطقة المزدحمة بالاسماك بكميات كافية من الغذاء مع توفير الاكسيجين اللازم للاسماك فان النمو لا يعود الى معدلاته الطبيعية.



Albers, C. 1970. Acid-base balance. Pages 173-208, in W.S. Hoar and D.J. Randall, eds. Fish physiology. Vol. IV New York. Academic Press.

Alexander, R.M. 1970. Mechanics of the feeding action of various teleost fishes. J. Zool. (London) 162: 145-156.

Andrews, J.W. and Stickney, R.R. 1972. Interactions of feeding rates and environmental temperature on growth, food conversion, and body composition of channel catfish. Trans. Am. Fish. Soc. 101: 94-99

Balon, E.K.1977. Fish gluttons: the natural ability of some fishes to become obese when food in extreme abundance. Hydrobiologia 52: 239-241.

Beamish, F.W.H.1964. Respiration of fishes with special emphasis on standard oxygen consumption. II. Influence of weight and temperature in respiration of several species. Can. J. Zool. 42: 177-188.

Breder, C.M. 1934. Ecology of an oceanic freshwater lake, Andros Island, Bahamas, with special reference to its fishes. Zoologica 18: 57-88.

Brett, J.R. 1979. Environmental factors and growth. Pages 599-576 in W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett, eds. Fish physiology, Vol. 9. New York: Academic Press.

Brett, J.R. and Groves, T.D.1979. Physiological energetics, Pages 279-352 in W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett eds. Fish Physiology Vol. 9. New York: Academic Press.

Bridges, W.W., Cech, J.J.Jr. and Pedro, D.N.1976. Seasonal hematological changes in winter flounder, pseudopleuronectes americanus. Trans. Am. Fish. Soc. 105: 596-600.

Brocksen, R.W. and Cole, R.E.1972. Physiological responses of three species of fishes to various salinities. J. Fish. Res. Bd. Canada 29: 399-405.

Burger, J.W.1962. Further studies on the function of the rectal gland in the spiny dogfish. Physiol. Zool. 35: 205-217.

Cameron, J.N.1978. Chloride shift in fish blood. J. Exp. Zool. 206: 289-295.

Carey, F.G. and Teal, J.M.1966. Heat conservation in tunafish muscle. Proc. Nat. Acad. Sci., U.S. 56: 1461-1469.

Carrier, J.C. and Evans, D.H.1976. The role of environmental calcium infreshwater survival of the marine teleost, Lagodon rhomboides. J. Exp. Biol. 65: 529-538.

Catlett, R.H. and Millich, D.R.1976. Intracellular and extracellular osmoregulation of temperature acclimated goldfish. Carassius auratus L. Comp. Biochem. Physiol. 55A: 261-269.

Cech, J.J.,Jr. and Wohlschlag, D.E.1975. Summer growth depression in the striped mullet, Mugil cephalus L. Contr. Mar. Sci. 19:91-100.

Cech, J.J.,Jr. and Wohlschlag, D.E.1981. Seasonal patterns of respiration, gill ventilation, and hematological characteristics in the striped mullet, Mugil cephalus L. Bull. Mar. Sci. 31(in press).

Chesley, L.C.1934. The concentrations of proteases, amylase and lipase in certain marine fishes. Biol. Bull. 66: 133-144.

Cuthbert, A.W. and Maetz, J.1972. The effects of calcium and magnesium on sodium fluxes through gills of Carassius auratus. J. Physiol. 221: 633-643.

Davis, G.E. and Warren, C.E.1965. Trophic relations of a sculpin in laboratory stream communities. J. Wildl, Manag. 29: 846-871.

Dobbs, G.H., Lin, Y. and DeVries, A.L.1974. Aglomerulation in Antarctic fish. Science 185: 793-794.

Donaldson, E.M., Fagelund, U.H.M., D.A. and McBride, J.R.1979. Hormonal enhancement of growth. Page 455:597 in WS Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett. Fish Physiology Vol. 9 New York: Academic Press.

Duman, J.G. and DeVries, A.L.1974b. The effects of temperature and photoperiod on antifreeze production in cold water fishes. J. Exp. Zool. 190: 89-97.

Durbin, A.G. and Durbin, E.C.1975. Grazing rates of the Atlantic menhaden Brevoorti tyrannus as a function of particle size and concentration. Mar. Biol. 33: 265-277.

Evans, D.H.1967a. Sodium chloride and water balance of the intertidal teleost, Xiphister atropurpures 1. Regulation of plasma concentration and body water content. J. Exp. Biol. 47: 513-518.

Forrest, J.N., Silva, P., Epstein, A. and Epstein, F.H.1973. Effect of rectal gland extripation on plasma sodium in the spiny dogfish. Bull. Mt. Des. Biol. Lab. 13: 41-42.

Grayton, B.D. and Beamish, F.W.H.1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (Salmo gairdneri). Aquaculture 11: 159-172.

Halver, J.E.1957. Nutrition of salmonoid fishes. IV. An anmino acid test diet of chinook salmon. J. Nutr. 62: 245-254.

Halver, J.E.1972. The vitamins. Pages. 29-103 in J.E.

Halver, ed. Fish nutrition. New York Academic Press.

Halver, J.E.1976. Formulating practical diets for fish. J. Fish Res. Bd Canada 33: 1032-1039.

Hanklin, D.G.1978. New fluorescent fish scale marker. Prog. Fish. Cult. 40: 163-164.

Hoar, W.S.1976. Smolt transformation: evolution, behavior, and physiology. J. Fish Res. Bd. Canada 33(6): 1234-1252.

Hogman, W.J.1968. Annulus formation of scales of four species of coregonides reared under artificial conditions. J. Fish. Res. Bd. Canada. 25: 2111-2112.

Houston, A.H. and Rupert, R. 1976. Immediate response of the hemoglobin system of the goldfish, Carassius auratus, to temperature change. Ca. J. Zool. 54: 1737-1741.

Howell, J.B., Baumgardner, F.W., Bondi, K. and Rahn, H.1970. Acid-base balance in cold blooded vertebrates as a function of body temperature. Amer. J. Physiol. 218: 600-605.

Hughes, G.M.1963. Comparative physiology of vertebrate respiration. Cambridge. Harvard Univ. Press. 146 pp.

Hughes, G.M. and Grimstone, A.V.1965. The fine structure of the secondary larmellae of the gills of Gadus pollachius. Quart. J. Micro. Sci., 106: 343-353.

Jara, A.1957. On the morphology and function of the so-called palatal organ in the carp (Cyprinus carpio L.) Preeglad Zoologiczny 1: 110-112.

Kapoor, B.G., Evans, H.E. and Pevzner, R.A. 1975. The gustatory system in fish. Adv. Mar. Biol. 13: 53-108.

Kapoor, B.G., Smit, H. and Verghina, I.A.1975. The alimentary canal and digestion in teleosts. Adv. Mar. Biol. 13: 109-239.

Keyes, A.B. 1933. The mechanicm of adpatation to varying salinity in the common eel and the general problem of osmotic regulation in fishes. Proc. Roy. Soc. Lond. B. 112: 184-199.

Kinne, O.1960. Growth, food intake, and food conversion in a euryplastic fish exposed to different temperatures and salinities, Physiol. Zool. 33: 288-317.

Kisch, B.1984. Electrocardiographic investigation of the heart of fish. Expl. Med. Surg. 6: 31-62.

Kline, K.1978. Aspects of digestion in stomachless fishes. Unpublished Ph.D. dissertation, Univ. of Calif. Davis, 78 pp.

Krogh, A.1939. Osmotic regulation in aquatic animals. London: Cambridge Univ. Press.

Kuhn, W., Ramel, A., Kuhn, H.J. and Marti, E.1963. The filling mechanism of the swimbladder, generation of high gas pressures through hairpin counter-current multipli-cation. Experientia. 19: 497-511.

Lee, R.M.1920. A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. Fish Invest. Ser., 11.4(2): 1-32.

Maetz, J. and Garcia, R.F.1964. The mechanism of sodium and chloride uptake by the gills of a freshwater fish, Carassius auratus. II. Evidence of NH4+Na+ and HCO3/Cl exchange. J. Gen. Physiol. 50: 391-422.

Matty, A.J. and Cheema, I.R.1978. The effect of some steroid hormones on the growth and protein metabolism of rainbow trout. Aquaculture 14: 163-178.

McFarland, W.N. and Munz, F.W.1965. Regulation of body weight and serum composition by hagfish in various media. Comp. Biochem. Physiol. 14: 383-398.

Munz, F.W. and McFarland, W.1964. Regulatory function of a primitive vertebrate kidney. Comp. Biochem. Physiol. 13: 381-400.

Nakano, T. and Tomlinson, N.1967. Catecholamine and carbohydrate concentration in rainbow trout (Salmo gairdneri) in relation to physical disturbance. J. Fish. Res. Bd. Canada. 24: 1701-1715.

Ottaway, E.M. and Simkiss, K.1977. "Instantaneous" growth rates of fish scales and their use in studies of fish populations. J. Zool. (London) 181: 407-419.

Oviatt, C.A., Gall, A.L. and Nixon, S.W.1972. Environmental effects of Atlantic menhaden on surrounding waters. Chesapeake Sci. 13: 321-323.

Randall, D.J.1968. Functional morphology of the heart in fishes. Am. Zool. 8: 179-189.

Randall, D.J. and Cameron, J.N.1973. Respiratory control of arterial pH as temperature changes in rainbow trout salmo gairdneri. Amer. J. Physiol. 225(4): 997-1002.

Satchell, G.H.1971. Circulation in fishes. London: Cambridge Univ. Press. 131 PP.

Savitz, J.1971. Effects of starvation of body protein utilization of bluegill sunfish (Lepmois macrochirus Rafinesque), with a calculation of caloric requirements. Trans. Amer. Fish. Soc. 100: 18-21.

Sawyer, W.H., Blair-West, J.R., Simpson, P.A. and Sawyer, M.K.1976. Renal responses of Australian lunghfish to vasotocin, angiotensin, II and NaCl in fusion. Amer. J. Physiol. 231: 593-602.

Schalles, J.F. and Wissing, T.E.1976. Effects of dry pellet diets on the metabolic rates of bluegil (Lepomis macrochirus). J. Fish. Res. Bd. Canada. 33: 2443-2249.

Schmidt-Nielsen, K.1975. Animal physiology, adaptation and environment. London. Cambridge Univ. Press. 699 pp.

Silba, P. and Others. 1977. Mechanism of active chloride secretion by shark rectal gland: Role of Na-K-ATPase in chloride transport. J. Physiol. 233F: 298-306.

Singh, B.N.1976. Balance between aquatic and aerial respiration. Pages 125-164 in GM Hughes, ed. Respiration of amphiobious vertebrates. London. Academic Press.

Steen, J.B.1971. Comparative physiology of respiratory mechanisms. New York. Academic Press. 182 pp.

Stevens, E.D.1968. The effect of exercise on the distribution of blood to various organs in rainbow trout. Comp. Biochem. Physiol. 25: 615-625.

Stevens, E.D., Bennion, G.R., Randall, D.J. and Shelton, G.1972. Factors affecting arterial pressures and blood flow from the heart in intact, unrestrained lingcod (ophiodon elongatus). Comp. Biochem. Physiol. 43A: 681-695.

Stewart, N.E., Shumway, D.L. and Doudoroff, P.1967. Influence of oxygen concentration on the growth of juvenile largemouth bass. J. Fish. Res. Bd. Canada 24: 475-494.

Stickney, R.R. and Shumway, S.E.1974. Occurrence of cellulase activity in the stomach of fishes. J. Fish. Biol. 6: 779-790.

Swingle, H.S. and Smith, E.V.1940. Experiments on the stocking of fish ponds, Trans. N. Amer. Wildl. Conf. 15: 267-276.

Towle, D.W., Gilman, M.E. and Hempel, J.D.1977. Rapid modulation of gill Na+ + K+ dependent ATPase activity during acclimation of the killfish fundulus heteroclitus to salinity change. J. Exp. Zool. 202: 179-186.

Utida, S. and Hirano, T.1973. Effects of changes in environmental salinity on salt and water movement in the intestine and gills of the eel. Anguilla Japonica. Pages. 240-278 in W. Chavin, ed., Responses of fish to environmental changes. Springfield, III; Chas. C. Thomas.

Volya, G.1966. Some data on digestive enzyme in some blackfishes and a micromodification of a method for the identification of a trypsin, amylase and lypase. In "Fisiologia morskikhyzhitvotnykh". Nauka (In Russian).

Weber, D.D. and Ridgway, G.J.1962. The deposition of tetracycline drugs on bases and scales of fish and its possible use for marking. Prog. Fish. Cult. 24: 150-155.

Wohlschlag, D.E. and Wakeman, J.M.1978. Salinity stresses, metabolic responses and distribution of the coastal spotted seatrout, Cynoscion nebulosus. Contr. Mar. Sci., 21: 173-185.

المراجع العربية

١ - الاسس العلمية لانتاج وتربية الاسماك تاليف الاستاذ الدكتور نبيل فهمى عبد الحكيم والدكتور سنى الدين محمد صادق سنة ١٩٨٨ الطبعة الثانية - رقم الايداع بدار الكتب ١٦١٤ / ١٩٨٩

٢ - انتاج الاسماك مذكرات للاستاذ الدكتور نبيل فهمى عبد الحكيم سنة ١٩٨٣

٣ - المزارع السمكية مذكرات للاستاذ الدكتور نبيل فهمى عبد الحكيم سنة ١٩٨٥

٤ - حياتية الاسماك تاليف كارل اى بوند وترجمة الدكتور هاشم عبد الرازق احمد والدكتور فرحان خمد محيسن الجزء الاول والثانى سنة ١٩٨٦